

PROGETTAZIONE DI IMPIANTI ACQUAPONICI

(Capitolo 4)

Questo capitolo illustra i disegni relativi alla progettazione di diversi sistemi di acquaponica. Ci sono molti aspetti progettuali da prendere in considerazione, per tener conto di tutti fattori ambientali e biologici che hanno impatto sull'ecosistema acquaponico. Lo scopo di questo capitolo è quello presentare tutti questi aspetti nel modo più accessibile al fine di fornire una spiegazione esauriente di ogni componente di un sistema acquaponico.

La sezione 4.1 tratta dei fattori da prendere in considerazione nella scelta di un sito ove collocare un sistema acquaponico, compreso l'accesso alla luce del sole, il vento e l'esposizione alla pioggia, la temperatura media ed altri ancora.

Nella sezione 4.2 si discute dei componenti generali indispensabili per qualsiasi sistema acquaponico, comprese le pompe delle vasche in cui vivono i pesci siano esse per acqua o per aria ovvero per acqua e aria, il biofiltro, il metodo di coltivazione e il materiale idraulico necessario per la coltivazione delle piante. La componente idroponica viene poi trattata con ulteriore dettaglio, concentrandosi sui tre più comuni metodi utilizzati in acquaponica: il metodo che utilizza un "medium" inerte (figure 4.1-4.5); quello che prevede una sottile "pellicola" nutritiva (NFT) (figure 4.6-4.9); e la cultura acquaponica a radici fluttuanti (DWC) (figure 4.10-4.13).

Metodo	Acronimo	Sinonimo	Spazio di coltivazione	Sezione
Coltura in acqua profonda	DWC	Floating Raft	Canalina, Vasca	4.3
Sottile "pellicola" nutritiva	NFT		Tubo, Gocciolatore	4.4
Media Bed	Nessuno	Substrato inerte	Cassoni o Letti di crescita	4.5

Una parte specifica è dedicata ad un tipo particolare di coltivazione DWC a "bassa densità". Sono previste tavole finali riassuntive di ogni metodo che pongono a confronto i tre metodi che verranno discussi.

Scopo di questo capitolo è quello spiegare esclusivamente le componenti essenziali dell'impianto e i diversi metodi di acquaponica. Per ulteriori informazioni riguardanti i rapporti di dimensionamento e la progettazione per le diverse componenti, si prega di consultare il Capitolo 8, che fornisce ulteriori informazioni dettagliate, figure e progetti necessari per costruire realmente un piccolo impianto acquaponico. Inoltre, l'appendice 8 fornisce una guida completa passo-passo per la costruzione di una versione in scala ridotta dei tre metodi spiegati in questo capitolo utilizzando materiali facilmente reperibili.

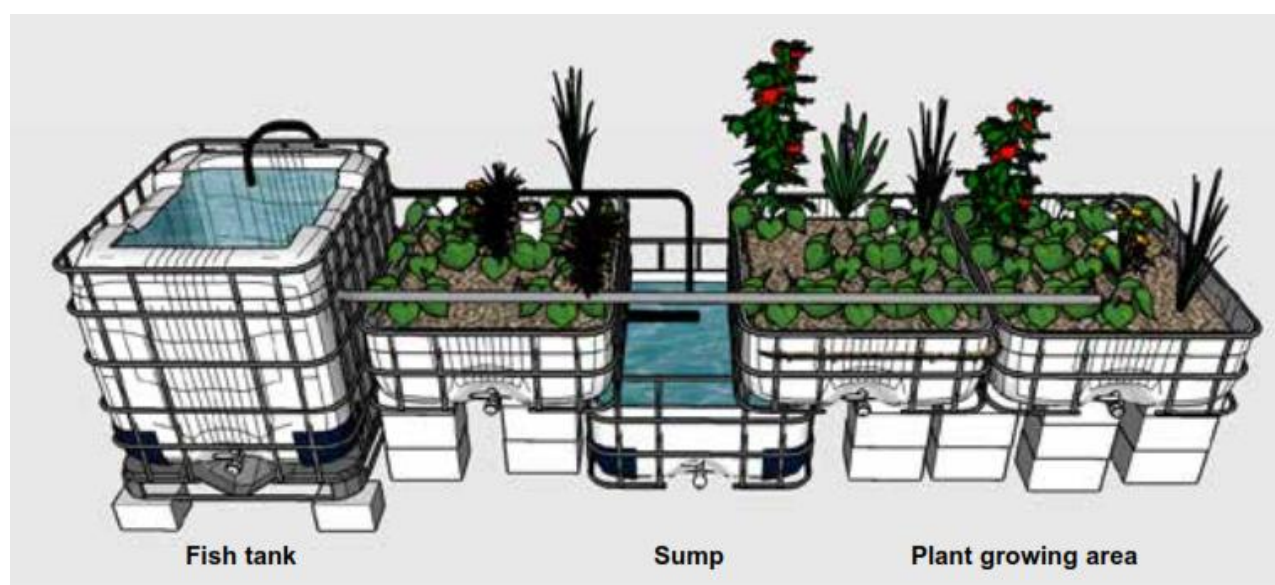


Fig 4.1 - Schema di una piccola unità a cassoni (Letti di crescita)



Fig 4.2 - Sistema "media based" costruito con "cisternette" per il trasporto di liquidi



Fig. 4.3 - Piante di taro coltivate in un cassone di legno rivestito di un telo impermeabile di polietilene



Fig. 4.4 - Lussureggiante crescita vegetale in una coltivazione familiare



Fig. 4.5 - Unità a cassoni di crescita coltivati a peperoni (*Capsicum* spp.)

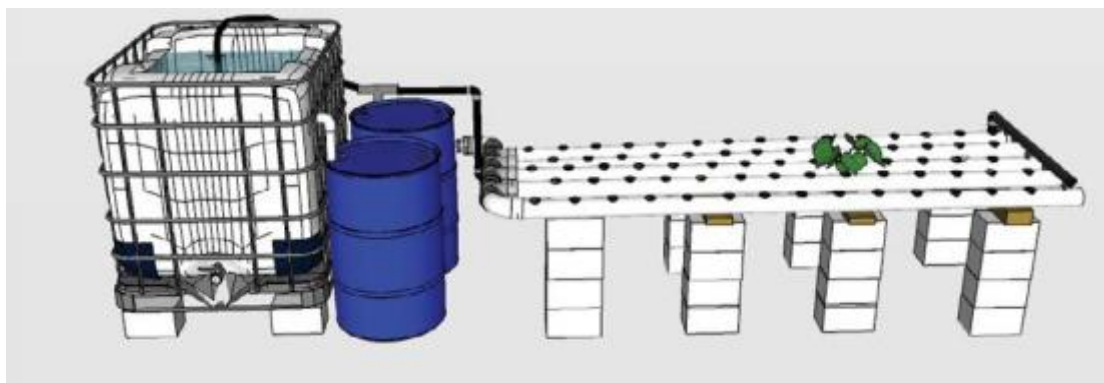


Fig. 4.6 Schema di un piccolo impianto (NFT)



Fig. 4.7 - Prezzemolo (*Petroselinum* sp.) coltivato in un piccolo impianto (NFT)



Fig 4.8 - Contadini al lavoro con giovani piantine di pomodoro allevate in bottiglie di plastica



Fig. 4.9 - Impianto NFT che utilizza lo spazio in verticale

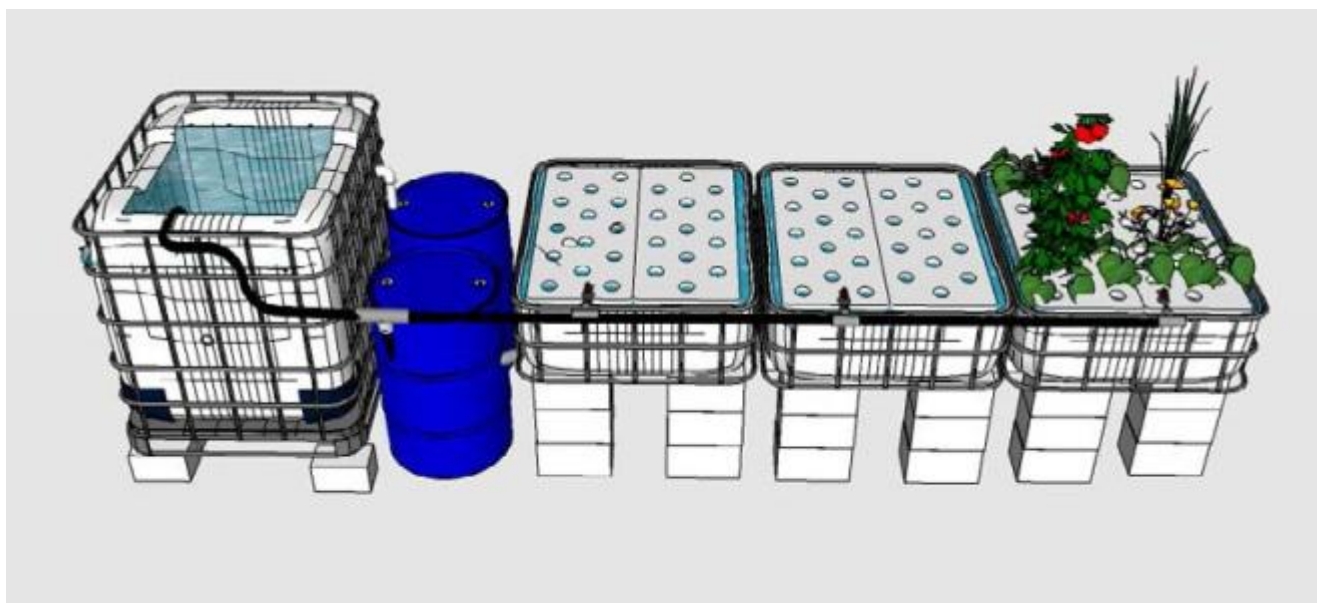


Fig. 4.10 - Schema di impianto a radici flottanti (DWC)



Fig. 4.11 giovani piantine di lattuga in un sistema DWC



Fig. 4.12 - Diverse varietà di lattuga in un sistema DWC



Fig. 4.13 - Radici di cavolo riccio in un sistema DWC

4.1 Scelta del luogo dove installare l'impianto

La scelta del sito è un aspetto importante nell'installazione di un impianto acquaponico. In questa sezione ci si riferisce generalmente a degli impianti acquaponici costruiti all'aperto, senza una serra. Tuttavia, ci sono brevi commenti sulle serre e sull'ombreggiatura mediante strutture a rete per le unità più grandi. È importante ricordare che alcuni componenti del sistema, in particolare i contenitori pieni di acqua e i blocchetti di pietra, sono pesanti e difficili da spostare, quindi è importante costruire il sistema nella sua posizione finale. I luoghi individuati devono essere su una

superficie stabile e orizzontale, in una zona che sia protetta dal maltempo ma esposta bene alla luce del sole.

4.1.1 Stabilità

Assicuratevi di scegliere un sito che sia stabile e in piano. Alcuni dei principali componenti di un sistema acquaponico sono pesanti, vi è il rischio concreto che le gambe del sistema sprofondino nel terreno. Questo può portare all'interruzione del flusso dell'acqua, a inondazioni o ad un catastrofico collasso dell'impianto. E' dunque indispensabile trovare un terreno piatto e solido. Impiantare tutto su un piano di cemento può essere una soluzione ma ha lo svantaggio di non consentire il passaggio di alcun componente sotto terra dunque con rischi d'inciampo. Se il sistema è appoggiato sul suolo, è utile coprire il tutto con dei teli che impediscano la crescita delle erbacce. Inoltre, può essere indispensabile posizionare blocchi di calcestruzzo o cemento sotto le gambe dei growbed per migliorarne la stabilità.

4.1.2 Esposizione al vento, alla pioggia e alla neve

Condizioni ambientali estreme possono stressare le piante e distruggere le strutture (figura 4.14). Forti venti possono avere un considerevole impatto negativo sulla produzione vegetale e possono causare danni agli steli e alle parti riproduttive.

Inoltre, la forte pioggia può danneggiare le piante e le prese elettriche non protette. Grandi quantità di pioggia possono diluire l'acqua ricca di nutrienti e possono far tracimare il sistema se non è provvisto di un meccanismo di troppo-pieno. La neve provoca gli stessi problemi delle forti piogge, con l'aggiunta della minaccia dei danni da freddo. E' consigliabile che il sistema sia situato in una zona protetta vento. Se le forti piogge sono abituali, può valere la pena di proteggere il sistema con un rivestimento di plastica (tunnel o serra).



Fig. 4.14 - Impianto DWC danneggiato dalla neve

4.1.3 Esposizione al sole e all'ombra

La luce solare è fondamentale per le piante, che hanno bisogno di ricevere la quantità ottimale di luce solare durante il giorno. La maggior parte dei comuni impianti acquaponici crescono bene in condizioni di pieno sole; tuttavia, se la luce del sole è troppo intensa, una struttura semplice che consenta un'ombreggiatura può essere installata sopra i letti crescita. Alcune piante fotosensibili, tra cui la lattuga, e alcuni cavoli, potranno salire a seme a causa del troppo sole o diventare amare o prendere un gusto cattivo. Altre piante tropicali, come la curcuma e alcune piante ornamentali possono mostrare bruciature sulle foglie se esposte al sole eccessivo e dunque producono meglio se possono disporre di posizioni in mezz'ombra. Sul versante opposto, con scarsità di luce solare, alcune piante possono avere velocità di crescita rallentata. Dunque dovremo prestare attenzione a costruire gli impianti acquaponici in una posizione soleggiata. Se una zona ombreggiata fosse l'unica disponibile si raccomanda che vengano piantate specie adatte.

I sistemi dovrebbero essere progettati per sfruttare il sole



Fig. 4.15 Tessuto ombreggiante (blu) che scherma la luce solare

in movimento nel cielo da est a ovest. Generalmente, i letti di crescita devono essere disposti spazialmente in modo tale che il lato più lungo sia sull'asse nord-sud. Ciò è più efficiente rispetto al sole durante il giorno. In alternativa, se è preferibile avere meno luminosità, in relazione al tipo di coltura, orientare i letti, tubi e canali seguendo l'asse est-ovest. Fare attenzione anche alla disposizione delle piante che non devono farsi inavvertitamente le une con le altre.

A differenza delle piante, i pesci non hanno bisogno della luce solare diretta. Anzi, è importante che le vasche dei pesci siano all'ombra, per questo motivo vengono di norma coperte con teli ombreggianti. (figura 4.15).

L'ombreggiatura contribuisce a mantenere stabile la temperatura dell'acqua e ad impedire la crescita delle alghe (vedi Capitolo 3), coprire le vasche dei pesci impedisce inoltre che vi cadano dentro dei detriti o delle foglie inoltre che vi possano essere intrusioni di animali ittiofagi.

4.1.4 Allacciamenti, recinzioni e la facilità di accesso

Nel scelta del sito, è importante prendere in considerazione la disponibilità di allacciamenti ai servizi. Sono necessarie prese elettriche per le pompe dell'acqua e dell'aria che devono essere protette dall'acqua e dotate di un dispositivo "salvavita" per ridurre il rischio di scosse elettriche. Inoltre, l'acqua per l'alimentazione del sistema dovrebbe essere facilmente accessibile, sia che si tratti di allacciamenti alla rete idrica comunale o di serbatoi di raccolta dell'acqua piovana.

Anche se estremamente efficienti sotto il profilo delle risorse idriche, i sistemi acquaponici richiedono aggiunte d'acqua di tanto in tanto, anche i filtri devono essere sciacquati. Se un sistema acquaponico fosse collocato nei pressi di una coltura "tradizionale" questa trarrebbe beneficio dalle operazioni di risciacquo dei filtri che sono sempre ricchi di sostanze nutritive. Il sistema inoltre deve essere collocato dove è facile accedere ogni giorno perché sono necessari un monitoraggio frequente e l'alimentazione quotidiana dei pesci. Infine, si consideri l'opportunità di recintare tutto l'impianto per prevenire furti e atti vandalici, l'ingresso di animali predatori e per il rispetto di eventuali regole di sicurezza alimentare.

4.1.5 Considerazioni particolari sugli impianti realizzati sui tetti

I tetti piatti sono spesso siti adatti per realizzare impianti acquaponici perché sono livellati, stabili, esposti alla luce solare e non sono già utilizzati per l'agricoltura tradizionale (figure 4.16 - 4.18). Però, quando si costruisce un sistema su un tetto è fondamentale considerare se il tetto è in grado di sopportare il peso dell'impianto. E' indispensabile consultare un architetto o un ingegnere civile prima impiantare un nuovo sistema sul tetto.



Fig. 4.16 Piccolo impianto (media bed) realizzato sul tetto



Fig. 4.17 Impianto acquaponico multiplo realizzato su un tetto



Fig. 4.18 Diverse verdure che crescono su un tetto con un sistema NFT

4.1.6 Serre e strutture ombreggianti

Disporre di una serra non è essenziale per un piccolo impianto acquaponico, ma disporre di una copertura può essere utile perché allunga la stagione produttiva (figure 4.19 e 4.20). Ciò è particolarmente vero in regioni più fredde e temperate, le serre possono esser utilizzate anche per mantenere una temperatura dell'acqua più calda durante i mesi freddi, consentendo la produzione per tutto l'anno.



Fig. 4.19 - Piccolo impianto acquaponico in serra a tunnel



Fig. 4.20 - Impianto acquaponico appena montato in un tunnel

Una serra è una struttura metallica, di legno o con telaio in plastica che è coperto da nylon trasparente, plastica o vetro. Lo scopo di questa struttura è quello di permettere alla luce solare (radiazione solare) di accedere alla serra e rimanendovi “intrappolata” e quindi riscaldando l'aria all'interno della serra. Quando il sole cala, il calore viene trattenuto nella serra dal tetto e dalle pareti, consentendo una temperatura più calda e più stabile durante tutte le 24 ore. Le serre inoltre forniscono protezione ambientale anche rispetto al vento, alla neve e alla pioggia battente. Nelle serre si può estendere la stagione di crescita mantenendo nell'ambiente il calore solare, ma possono anche essere riscaldate dall'interno. Le serre inoltre possono tenere lontani gli animali (gatti! NdR) e altri parassiti. Le serre sono comode per lavorare durante la stagione fredda, e offrire al contadino una protezione dalle intemperie. L'insieme di questi vantaggi si riassume in una maggiore produttività e in una stagione agricola più estesa.

Questi vantaggi tuttavia devono essere controbilanciati dagli aspetti negativi delle serre. I costi di investimento iniziale per una serra possono essere elevati a seconda del grado di tecnologia e raffinatezza desiderato. Le serre richiedono anche costi di gestione aggiuntivi perché sono necessari ventilatori per creare la circolazione dell'aria per evitare il surriscaldamento e condizioni di eccessiva umidità.

Alcune malattie e parassiti sono più comuni nelle serre e di conseguenza richiedono una adeguata gestione (cioè uso di zanzariere su porte e finestre), anche se l'ambiente confinato può rendere più semplice l'uso di alcuni prodotti per il controllo dei parassiti.

In alcune regioni tropicali, gli ombrari o serre a rete sono più appropriati delle serre convenzionali coperte con polietilene o vetro (figure 4.21). Questo perché i climi caldi nelle zone tropicali o subtropicali comportano la necessità di una migliore ventilazione per evitare elevate temperature e umidità. Le serre a rete sono costituite da un telaio soprastante i letti di crescita che è coperto con un telo reticolato lungo le quattro pareti e un tetto di plastica sul lato superiore.

Il tetto di plastica è particolarmente importante per impedire all'acqua piovana di entrare, specialmente nelle aree con intense stagioni delle piogge, poiché l'unità acquaponica potrebbe straripare nel giro di pochi giorni. Le serre a rete sono usate per eliminare la minaccia di molti parassiti nocivi presenti ai tropici, così come gli uccelli e gli animali più grandi. La dimensione ideale della maglia per le quattro pareti dipende dai parassiti locali. Per grandi insetti, la dimensione delle maglie dovrebbe essere mesh 0,5 . Per gli insetti più piccoli, che sono spesso vettori di malattie virali, la dimensione della maglia deve essere più piccola (mesh 50, cioè 50 maglie per pollice). Le serre a rete sono in grado di fornire un certo ombreggiamento, se la luce del sole è troppo intensa. I materiali ombreggianti più comuni riducono dal 25 al 60 percento la radiazione solare.



Fig. 4.21 - Serre a rete in una piccola unità acquaponica

4.2 Componenti essenziali per l'unità acquaponica

Tutti i sistemi acquaponici condividono diversi componenti comuni ed essenziali. Questi includono: un acquario (vasca), un filtro meccanico, un biofiltro, e contenitori per le coltivazioni idroponiche. Tutti i sistemi utilizzano energia per far circolare l'acqua attraverso tubi e tubature e per aerare l'acqua. Come illustrati in precedenza, ci sono tre modi principali di coltivazione delle piante: coltivazione in letti di crescita, e coltivazione in tubi e/o canali. Questa sezione descrive i componenti essenziali che comprendono l'acquario, il filtro meccanico, il biofiltro, i componenti idraulici e le pompe.

I paragrafi successivi sono dedicati a ciascuna tecnica idroponica, e il confronto viene fatto per determinare la combinazione più appropriata di tecniche nei diversi casi.

4.2.1 Vasche dei pesci

Le vasche dei pesci sono una componente fondamentale in ogni impianto. Come tale, gli acquari possono rappresentare fino al 20 per cento del costo totale di una unità acquaponica. Il pesce richiede determinate condizioni per sopravvivere e prosperare e quindi la vasca dovrebbe essere scelta con avvedutezza. Ci sono diversi aspetti importanti da considerare come la forma, il materiale e il colore.

Forma della vasca

Sebbene qualsiasi forma di acquario funzionerà egregiamente, vasche circolari con fondo piatto sono le più consigliabili. La forma rotonda permette all'acqua di circolare in modo uniforme e di trasportare i rifiuti solidi verso il centro della vasca con la forza centripeta. Vasche quadrate con fondi piatti sono perfettamente accettabili, ma richiedono più lavoro per la rimozione dei rifiuti solidi. La forma della vasca influisce notevolmente sulla circolazione dell'acqua, ed è molto rischioso avere un serbatoio con scarsa circolazione. Vasche con forme non geometriche con molte curve possono creare punti morti senza circolazione d'acqua. Queste aree possono raccogliere i

rifiuti e creare zone non ossigenate con condizioni pericolose per i pesci. Se deve essere utilizzata una vasca di forma anomala, può essere necessario aggiungere pompe per l'acqua o pompe per aria per garantire una corretta circolazione e rimuovere i solidi. È importante scegliere una vasca adatta alle caratteristiche delle specie acquatiche allevate perché molte specie di pesce da fondo evidenziano una migliore crescita e meno stress con un adeguato spazio orizzontale.

Materiale

Robusta plastica inerte ma anche fibra di vetro sono materiali raccomandabili a motivo della loro resistenza e lunga durata. Non è possibile usare metallo a causa della ruggine. Plastica e fibra di vetro sono comode da installare (anche per gli impianti idraulici) e sono abbastanza leggere e maneggevoli. Sono comunemente usati anche abbeveratoi per animali, in quanto tendono ad essere a buon mercato. Se si usano contenitori di plastica, assicurarsi che siano resistenti ai raggi UV perché la luce solare diretta può distruggere la plastica. In generale, serbatoi di polietilene a bassa densità (LDPE) sono preferibili per la loro elevata resistenza e la qualità alimentare del materiale. Infatti, LDPE è il materiale più comunemente usato per serbatoi di stoccaggio dell'acqua per uso civile. Un'altra opzione è un laghetto in terra. Gli stagni naturali sono molto difficili da gestire per l'acquaponica perché i processi biologici naturali avvengono all'interno del substrato e il fango sul fondo può essere difficile da gestire, inoltre le sostanze nutrienti sono spesso già state utilizzate dalle piante acquatiche. Stagni rivestiti di plastica o cemento sono molto più accettabili, e può essere un'opzione economica.

Stagni in terra possono rendere difficile le operazioni idrauliche, e la progettazione dell'impianto idraulico deve essere attentamente analizzata prima di adottare questa opzione. Uno degli acquari più semplici è una buca scavata nel terreno, rivestita con mattoni o blocchi di cemento e poi con un rivestimento impermeabile, ad esempio un telo di polietilene. Altre opzioni includono l'impiego di contenitori di seconda mano, come vasche, fusti o contenitori di prodotti sfusi (IBC). È molto importante assicurarsi che il contenitore non è stato utilizzato in precedenza per contenere materiale tossico.

Contaminanti, quali i prodotti chimici a base solvente, potrebbero essere penetrati nei pori della plastica stessa e sono impossibili da rimuovere con il lavaggio. Quindi, scegliere accuratamente i contenitori usati, e se possibile, conoscere bene il venditore.

Colore

Il bianco o altri colori chiari sono fortemente consigliati in quanto consentono una più facile visualizzazione del pesce, al fine di verificare comodamente il comportamento del pesce e la quantità di rifiuti depositati sul fondo della vasca (figure 4.22 - 4.24). Serbatoi bianchi potranno anche riflettere la luce solare e mantenere l'acqua più fresca. In alternativa, l'esterno dei serbatoi di colore più scuro può essere verniciato di bianco. In zone molto calde o fredde, può essere necessario isolare termicamente i serbatoi.



Fig. 4.22 - Un serbatoio di pesce da 1.000 litri ricavato da un fusto di polietilene bianco



Fig. 4.23 - Giovani pesci in un serbatoio acquaponico cilindrico. Tubo di ritorno (in alto) e scarico di fondo sono chiaramente visibili

Copertura e ombreggiatura

Tutte le vasche dei pesci dovrebbero essere coperte. L'ombreggiatura previene la crescita delle alghe. Inoltre, il coperchio impedisce ai pesci di saltare fuori (spesso si verifica con il pesce appena immesso o se la qualità dell'acqua è sub-ottimale), impedisce l'ingresso di foglie e detriti, e previene i danni da predatori come gatti e uccelli che possono attaccare il pesce. Spesso, vengono usate reti ombreggianti agricole che bloccano 80-90 per cento della luce solare. Il telo ombreggiante può essere fissato ad una semplice struttura di legno che conferisce un peso adeguato e rende la copertura facile da rimuovere.

Prevenzione dei guasti e ridondanza

Evitate assolutamente le perdite di acqua dalle vasche del pesce; i pesci moriranno se la vasca accidentalmente ha una perdita. Anche se alcuni incidenti sono inevitabili (es. un albero che cade su una vasca), le morie più catastrofiche di pesce sono il risultato di un errore umano. Assicurarsi che non vi sia alcun modo per il serbatoio di scaricarsi senza una precisa manovra intenzionale dell'operatore. Se la pompa dell'acqua si trova nella vasca dei pesci, assicurarsi di sollevare la pompa dal fondo in modo che il serbatoio non possa mai essere prosciugato. Utilizzare un tubo di livello all'interno del serbatoio per garantire un livello minimo dell'acqua. Questo è discusso ulteriormente nel capitolo 4.2.6.



Fig. 4.24 - Due grandi vasche rettangolari da 1.00 litri l'una per tenere separati 2 gruppi di novellame

4.2.2 Filtrazione – meccanica e biologica

Filtrazione meccanica

Per un sistema a ricircolo, la filtrazione meccanica è senza dubbio l'aspetto più importante del progetto. Dal punto di vista meccanico la filtrazione è la separazione e la rimozione dalle vasche di solidi in sospensione e degli scarti dei pesci. Eliminare questi rifiuti è essenziale per la salute del sistema, perché altrimenti, se i rifiuti solidi vengono fatti decomporre nelle vasche dei pesci, si sprigionerebbero gas nocivi rilasciati da batteri anaerobici. Inoltre i rifiuti possono intasare i sistemi e interrompere il flusso dell'acqua, causando condizioni di anossia nocive allo sviluppo delle radici. I Sistemi acquaponici su piccola scala hanno in generale una densità di allevamento inferiore ai sistemi tradizionali di allevamento a ricircolo del pesce per i quali questi filtri meccanici sono stati originariamente concepiti, tuttavia un certo livello di filtrazione meccanica è essenziale anche per le vasche di allevamento dei pesci in acquaponica, indipendentemente dal tipo di metodo idroponico utilizzato.

Esistono diversi tipi di filtri meccanici. Il metodo più semplice è uno schermo o filtro posto tra le vasche del pesce e i letti di crescita. Questo filtro cattura rifiuti solidi e deve essere risciacquato spesso.

Analogamente, l'acqua lasciando le vasche del pesce può passare attraverso un piccolo contenitore di materiale frantumato, separato dal letto di crescita; questo contenitore è più facile da risciacquare periodicamente.

Entrambi questi metodi sono validi per alcuni sistemi acquaponici su piccola scala, ma sono insufficienti in sistemi più grandi, con più pesce, in cui la quantità di rifiuti solidi sia rilevante.

Ci sono molti tipi di filtri meccanici, vasche a sedimentazione, filtri a flusso radiale, filtri a sabbia o perline ecc.. ciascuno di essi può essere utilizzato a seconda della quantità di rifiuti solidi che deve essere rimossa. Tuttavia, dal momento che questa pubblicazione si concentra sui sistemi acquaponici in piccola scala, vasche a sedimentazione e separatori meccanici, sono i filtri più appropriati.

Le **vasche di sedimentazione**, in generale, possono rimuovere fino al 60 per cento dei solidi totali. Per maggiori informazioni sui diversi metodi di filtrazione meccanica, consultare l'ulteriore sezione al termine di questa pubblicazione.

Separatori meccanici

Un separatore meccanico è un recipiente dedicato che utilizza le proprietà dell'acqua per separare le particelle. Generalmente, l'acqua che si muove più lentamente non è in grado di trasportare molte particelle come acqua che scorre velocemente. Pertanto, il separatore è costruito in modo tale da accelerare e rallentare l'acqua in modo che le particelle si concentrino sul fondo e possano essere rimosse. In un separatore si crea una turbolenza, l'acqua dalla vasca dei pesci entra vicino al baricentro attraverso un tubo. Questo tubo è posizionato tangenzialmente al contenitore e costringe l'acqua a turbinare in un movimento circolare all'interno del contenitore. La forza centripeta creata dal movimento circolare dell'acqua costringe i rifiuti solidi sospesi in acqua a posizionarsi al centro e sul fondo del contenitore, perché l'acqua nel centro del vortice è più lenta di quella all'esterno. Una volta che ciò avviene i rifiuti sono raccolti sul fondo. Un tubo attaccato al fondo del contenitore può essere aperto periodicamente, permettendo rifiuti solidi di essere estratti dal contenitore ed essere utilizzati per irrigare in maniera tradizionale. L'acqua ripulita esce dal separatore in alto ed entra nel biofiltro o nei letti di crescita.

Le figure mostrano esempi di semplici separatori meccanici per piccole e grandi unità.

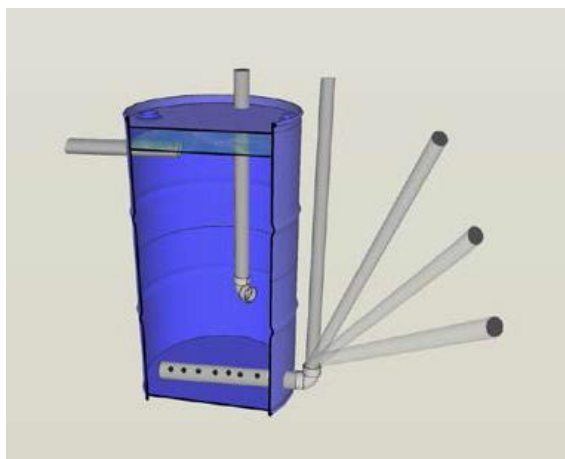


Diagramma di un separatore meccanico



Separatore meccanico: immagine

I rifiuti solidi intrappolati e rimossi contengono nutrienti e sono molto utili per le coltivazioni di tipo tradizionale o, in generale, per le piante da giardino. In linea generale, per gli impianti su piccola scala le dimensioni del separatore meccanico dovrebbero essere di circa un sesto del volume della vasca dei pesci ma sulle dimensioni influiscono molti fattori quali la densità di allevamento dei pesci, il design delle vasche e del separatore stesso.

L'appendice 8 conterrà istruzioni dettagliate, passo dopo passo per la costruzione di ogni parte di questi sistemi.

Una adeguata filtrazione meccanica preliminare è particolarmente importante per le unità NFT e DWC e serve per intercettare e rimuovere i rifiuti solidi. Senza questo processo preliminare, i rifiuti solidi in sospensione si accumulerebbero nei tubi di crescita degli ortaggi e nei canali e soffocherebbero le delle radici. L'accumulo di rifiuti solidi provoca intasamenti nelle pompe e nei

componenti idraulici. Infine, come detto, i rifiuti non filtrati possono creare nel circuito zone anaerobiche che minacciano il sistema.

Queste zone anaerobiche infatti possono portare allo sviluppo di batteri che producono acido solfidrico, un gas tossico e letale per i pesci, dovuto alla fermentazione dei rifiuti solidi. La presenza di zone anaerobiche pericolose spesso è rivelata da un odore di uova marce.

Biofiltrazione

La biofiltrazione è la conversione di ammoniaca e nitriti in nitrati effettuata ad opera di batteri viventi.

La maggior parte rifiuti dei pesci non è filtrabile utilizzando un filtro meccanico perché i rifiuti vengono disciolti direttamente nell'acqua e la dimensione di queste particelle è troppo piccola per essere rimossa meccanicamente. Pertanto per di trattare questi rifiuti microscopici un sistema acquaponico utilizza batteri microscopici. La biofiltrazione è essenziale in quanto in acquaponica l'ammoniaca e i nitriti sono tossici anche a basse concentrazioni, mentre le piante hanno bisogno per crescere di nitrati. In un sistema acquaponico, il biofiltro è volutamente studiato per ospitare la maggior quantità possibile di batteri viventi. Inoltre, il movimento dell'acqua all'interno di un biofiltro sarà utile per abbattere i solidi molto fini non estratti dal separatore.

Una biofiltrazione separata non è invece necessaria nella tecnica di coltivazione su un letto di crescita (ad es argilla espansa) perché i *grow bed* stessi sono biofiltri perfetti.

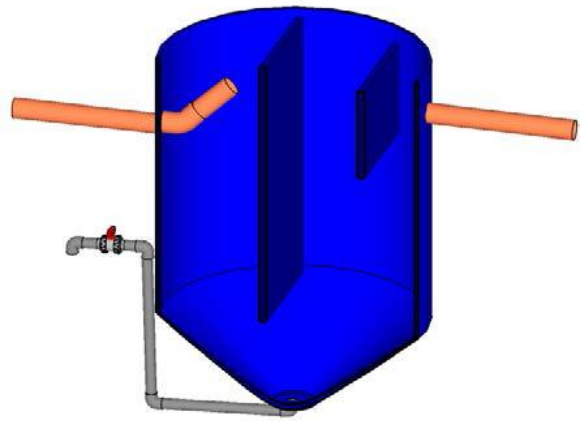
Il biofiltro è progettato per avere una grande superficie alimentata con acqua ben ossigenata. Il biofiltro è installato tra il filtro meccanico e i contenitori nei quali avviene la coltura idroponica. Il volume minimo del biofiltro dovrebbe essere un sesto di quello della vasca del pesce.

La figura più a destra mostra un esempio di un biofiltro per un sistema di piccole dimensioni.

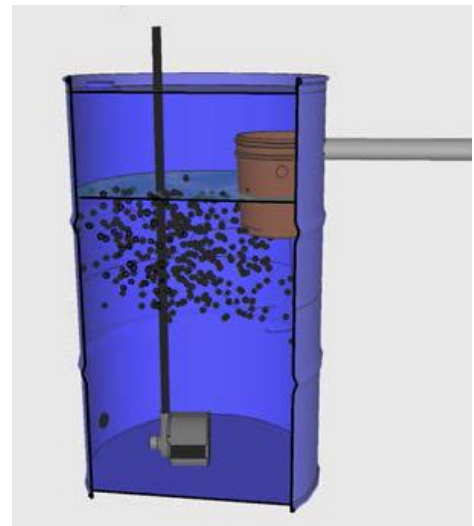
Il "medium" comunemente usato nel biofiltro sono le cosiddette Bioballs®, un prodotto registrato disponibile nei negozi di acquacoltura, vi sono anche delle marche generiche.



Dettaglio dei componenti in plastica con ampia superficie per biofiltro



Separatore meccanico con diaframma



Questi prodotti sono progettati per essere un materiale ideale per il biofiltro perché sono costituiti da piccoli elementi di plastica sagomata che hanno una superficie molto grande rispetto al loro volume (500-700 mq/m³). Altri materiali e componenti possono essere usati come biofiltro, tra cui la ghiaia vulcanica, i tappi delle bottiglie di plastica, ecc...

Ogni biofiltro deve comunque avere un alto rapporto di superficie in relazione al proprio volume, essere inerte ed essere facile da risciacquare.

Le Bioballs® hanno quasi il doppio della superficie in rapporto in volume rispetto al lapillo vulcanico, ed entrambi hanno una rapporto superiore ai tappi di bottiglie di plastica. E' importante

riempire il contenitore del biofiltro al massimo possibile, ma anche in questo modo la superficie fornita dagli elementi potrebbe non essere sufficiente a garantire un'adeguata biofiltrazione è bene pertanto sovradimensionare biofiltro durante la sua costruzione iniziale, sapendo però che, se necessario, dei biofiltri secondari potranno essere aggiunti anche in seguito. I biofiltri di tanto in tanto hanno bisogno di essere agitati per evitare gli intasamenti, come pure di essere risciacquati per non venire intasati dai rifiuti solidi che possono creare una zona anaerobica. Il capitolo 8 e l'allegato 4 forniranno ulteriori informazioni sui requisiti dimensionali di biofiltrazione per gli impianti di piccola scala.

Un altro “ingrediente” richiesto per il biofiltro è l'aerazione. I batteri nitrificanti necessitano di un'adeguata disponibilità di ossigeno per ossidare l'ammoniaca. Una soluzione semplice è quella di utilizzare una pompa d'aria, mettendo delle pietre porose collegate ad un aeratore sul fondo del contenitore. Questo assicura che i batteri abbiano costantemente un'elevata concentrazione di ossigeno disciolto. Le pompe ad aria possono anche contribuire ad abbattere qualsiasi rifiuto solido o sospeso non catturato dal separatore meccanico agitando e tenendo in continuo movimento le Bioballs® galleggianti. Per intrappolare ulteriori solidi all'interno biofiltro, è anche possibile inserire un piccolo secchio di plastica cilindrica con una rete di nylon (come Perlon®), o delle spugne all'ingresso del biofiltro.



Biofiltro con filtrazione meccanica aggiuntiva

I rifiuti vengono intrappolati da questo filtro meccanico secondario, permettendo all'acqua di fuoriuscire attraverso piccoli fori praticati sul fondo del secchio nel contenitore biofiltro.

Mineralizzazione

La mineralizzazione, dal punto di vista dell'acquaponica, si riferisce al modo in cui sono trattati rifiuti solidi e vengono metabolizzati dai batteri in sostanze nutritive per le piante. I rifiuti solidi che sono intrappolati dal filtro meccanico contengono sostanze nutritive; anche se l'elaborazione di questi rifiuti è diversa dalla biofiltrazione e richiede di essere trattata a parte. Mantenendo i solidi all'interno del sistema complessivo si incrementano le sostanze nutritive a disposizione delle piante. I rifiuti che rimangono nei filtri meccanici, nei biofiltri o nei letti di crescita sono sottoposti ad alcuni processi di mineralizzazione. Lasciando i rifiuti *in loco* più a lungo si consente una maggiore mineralizzazione. Tuttavia, questa stessa componente di rifiuti solidi, se non adeguatamente gestita e mineralizzata, bloccherà il flusso d'acqua, consumando ossigeno e portando a condizioni anaerobiche, che a loro volta produrranno un pericoloso gas come l'acido solfidrico. Alcuni sistemi di grandi dimensioni quindi lasciano deliberatamente i rifiuti solidi all'interno dei filtri, garantendo però un adeguato flusso di acqua e di ossigenazione, in modo che venga rilasciato il massimo di sostanze nutritive. Tuttavia, questo metodo è poco pratico per NFT artigianali e sistemi DWC.

Se si decide di deliberatamente “mineralizzare” questi solidi in un contenitore separato, il modo più semplice per aiutare i batteri ad agire, è semplicemente garantire una adeguata ossigenazione attraverso aria diffusa da pietre porose. Dopo un certo tempo, i rifiuti solidi saranno consumati, metabolizzati e trasformati da batteri eterotrofi. A questo punto, l'acqua può confluire nuovamente nel sistema acquaponico e i rifiuti residui, che saranno in quantità inferiore, possono essere aggiunti al terreno.

In alternativa, questi rifiuti solidi possono essere subito separati, rimossi e aggiunti a qualsiasi terreno agricolo, giardino o compost come un prezioso fertilizzante. Tuttavia, estrarre subito questi

nutrienti dal sistema può essere la causa di carenze nelle piante che possono quindi richiedere l'integrazione di nutrienti (vedi capitolo 6) .

Una soluzione di compromesso può essere quella di utilizzare un letto di crescita (ad es. argilla espansa o lapillo) per una ottenere una combinazione di filtrazione meccanica e biologica.

È anche possibile usare una combinazione di un letto di crescita per la filtrazione meccanica e la biofiltrazione seguita da un sistema NFT e/o unità DWC



Combinazione di un letto di crescita con filtrazione meccanica

Questo può essere importante dove non vi è la possibilità di avere i materiali necessari per realizzare un separatore a turbolenza e/o un biofiltro separato. Ne discuteremo più ampiamente nel capitolo 8, qui è sufficiente dire che per ogni 200 g di mangime per pesci al giorno il biofiltro dovrà avere un volume di 300 litri.

Il piccolo filtro di ghiaia che vedete nell'immagine superiore è in grado di fornire un'adeguata biofiltrazione per circa 20 kg di pesce. Anche se questo letto di crescita sarebbe adeguato per fornire un'adeguata biofiltrazione per un NFT o un'unità DWC nonché catturare e trattenere i rifiuti solidi, un ulteriore dispositivo di cattura di rifiuti solidi inserito nel letto è a volte consigliato per evitare che a lungo andare il letto di crescita si intasi con solidi prodotti dai pesci. In definitiva poiché anche i letti dovrebbero essere risciacquati periodicamente per rimuovere i rifiuti solidi è in ogni caso meglio prevedere delle filtrazioni meccaniche di facile manutenzione a monte dei grow bed.



Sistema media bed usato per filtrare una coltivazione DWC

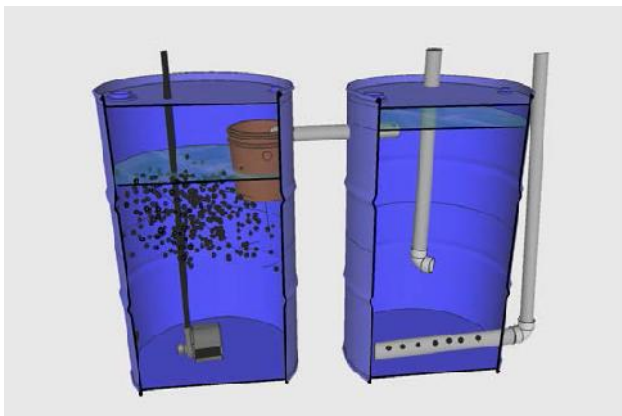


Diagramma e realizzazione pratica di un separatore meccanico di solidi connesso con un biofiltro



In sintesi:

un certo livello di filtrazione è essenziale per tutti i sistemi acquaponici; la quantità di pesce stoccato, la tipologia di sistema determinano la quantità di filtrazione necessaria. I filtri meccanici separano rifiuti solidi per evitare accumuli tossici e attraverso la biofiltrazione convertono in nitrato le scorie azotate disciolte.

Gli stessi letti di crescita agiscono sia come filtri meccanici sia come biofiltri, ma una filtrazione meccanica aggiuntiva è a volte necessaria per elevate densità di pesce (15 kg/m^3).

Senza i letti di crescita, come ad esempio in unità NFT e DWC, la filtrazione è sempre necessaria.

La mineralizzazione dei rifiuti solidi restituisce al sistema una maggiore quantità di sostanze nutritive. La mineralizzazione si verifica naturalmente nei letti di crescita, ma all'interno di Sistemi NFT e DWC deve essere predisposta in contenitori separati.

4.2.3 componenti idroponici: letti di crescita, NFT, DWC

Sezione idroponica è il termine per descrivere la parte dell'impianto dove crescono le piante. Ci sono parecchi disegni, tre dei quali sono discussi in dettaglio in questo articolo. Questi tre modelli sono: impianti a letto di crescita, dove le piante crescono in un substrato (figure 4.35 e 4.36); la tecnica della pellicola nutriente (NFT), dove le piante crescono con le loro radici in tubi di grandi dimensioni con un filo d'acqua cultura (figura 4.37 e 4.38) e la cultura in acque profonde (DWC), chiamato anche zattera acquaponica o sistemi galleggianti, in cui le piante sono sospese sopra un serbatoio di acqua utilizzando una zattera galleggiante (figura 4.39 e 4.40). Ogni metodo ha vantaggi e svantaggi. Vedere le sezioni 4.3-4.6 per i dettagli di ciascuno.



Fig. 4.35 - Coltivazione in letti di crescita (media bed)



Fig. 4.36 - Verdure differenti crescono nello stesso letto di crescita



Fig. 4.37 - Dettaglio di piante di lattuga in tubi circolari NFT



Fig. 4.38 - Piante di lattuga che crescono in tubo quadrato NFT



Fig. 4.39 - Bietola (*Beta* sp.) coltivata su una zattera di polistirene ("coltura flottante") in un sistema DWC



Fig. 4.40 - Piante di lattuga in coltivazione densa in un sistema DWC (coltivazione in acqua profonda)

4.2.4 Movimento dell'acqua

Il movimento dell'acqua è fondamentale per mantenere tutti gli organismi vivi nell'acquaponica. Il flusso d'acqua scorre dalle vasche dei pesci, attraverso il separatore meccanico e il biofiltro e infine arriva alle piante nei loro letti di crescita, tubi o canali, dove vengono trasformate e assorbite le sostanze nutrienti disciolte.

Se il movimento dell'acqua si arresta, l'effetto più immediato sarà una riduzione di DO e l'accumulo di rifiuti nella vasca dei pesci.

Una linea guida comunemente fornita per i sistemi acquaponici densamente popolati è quello di disporre di due ricambi d'acqua all'ora. Ad esempio, se una unità acquaponica ha un volume totale di acqua di 1000 litri, la portata d'acqua deve essere di 2000 litri/h, in modo che ogni ora l'acqua si è rinnovata per due volte. Tuttavia, in caso di una bassa densità di stoccaggio l'acqua ha solo bisogno di essere riciclata solo una volta ogni ora. Ci sono tre metodi comunemente usati per tenere l'acqua in movimento nel sistema: pompe sommerse a girante, airlifts e energia umana.

Pompa dell'acqua sommersa (a girante)

Il cuore di un sistema acquaponico è quasi sempre una pompa a girante di tipo sommerso, questo genere di pompa è raccomandato (figura 4.41).

Pompe

Al fine di garantire una lunga durata e l'efficienza energetica dovrebbero essere utilizzate preferibilmente pompe per l'acqua di alta qualità. Le pompe di alta qualità sono in grado di mantenere la loro capacità di pompaggio ed efficienza per un periodo 3-5 anni, mentre i prodotti di qualità inferiore perderanno la potenza di pompaggio in un tempo più breve e ridurrebbero significativamente i flussi di acqua.

Per quanto riguarda portata, le unità di piccole dimensioni descritte in questo lavoro hanno bisogno di un flusso di 2000 litri/h per una altezza massima (prevalenza) di 1,5 metri; una pompa sommersa di tale capacità consumerebbe 25-50 W/h.

Un utile approssimazione per calcolare l'energia necessaria per le pompe sommerse è che una pompa può spostare 40 litri di acqua all'ora per ogni watt/ora consumato, anche se alcuni modelli hanno un'efficienza doppia.



Fig. 4.41 Pompa sommersibile comunemente in commercio

Nel progettare dimensionamento idraulico della pompa, è importante rendersi conto che durante il pompaggio si verifica una perdita di energia ad ogni raccordo; fino al 5% della portata totale può essere persa ad ogni connessione del tubo quando l'acqua è spinta attraverso di esso. Utilizzate quindi il numero minimo di connessioni possibile. È anche importante notare che minore è il diametro dei tubi, maggiore è la perdita di carico dell'acqua. Un tubo da 30 millimetri ha il doppio della portata di un tubo 20 mm, anche se è servito da pompe con la stessa capacità.

Inoltre, un tubo più grande non richiede alcuna manutenzione per rimuovere l'accumulo di solidi al suo interno. In termini pratici, questo si traduce in risparmi significativi di costi di energia elettrica e di funzionamento. Quando si installa un impianto acquaponico, assicuratevi di mettere la pompa sommersa in una posizione accessibile per la pulizia periodica. Infatti, il filtro interno avrà bisogno di pulizia ogni 2-3 settimane. Le pompe per l'acqua sommerse si rompono se vengono fatte funzionare senza acqua.

Airlifts

Gli airlifts sono un'altra tecnica di sollevamento dell'acqua che utilizza una pompa ad aria piuttosto che una pompa ad acqua. (figura 4.42).

L'aria viene forzata al fondo di un tubo all'interno della vasca dei pesci, la risalita delle bolle verso la superficie consente di trasportare insieme a loro anche l'acqua. Uno dei vantaggi è che gli airlifts sono più efficienti dal punto di vista energetico, ma possono sollevare l'acqua solo fino ad altezze limitate (30-40 cm). Un vantaggio degli airlift è quello di ossigenare l'acqua durante il suo trasporto attraverso le bolle d'aria.

Infine le pompe ad aria in genere hanno una vita più lunga pompe per l'acqua sommerse. Vi è infine il vantaggio che una sola pompa airlift può essere acquistata sia per l'aerazione che per la circolazione dell'acqua, il che riduce la spesa per una seconda pompa.



Fig. 4.42 - Un semplice airlift

La forza muscolare

Alcuni sistemi acquaponici sono stati progettati per utilizzare la forza umana per spostare l'acqua (figura 4.43).



Fig. 4.43 - Piccolo sistema acquaponico familiare senza pompa

L'acqua può essere sollevata in secchi o utilizzando pulegge, biciclette modificate o altri mezzi. Un vaso di adduzione può essere riempito manualmente e disposto per drenare lentamente durante il corso della giornata. Questi metodi sono applicabili solo per piccoli sistemi e devono essere presi in considerazione solo se l'elettricità non è disponibile o non è affidabile.

Spesso questi sistemi avranno basso livello di DO e una insufficiente miscelazione di sostanze nutritive, anche se possono essere usati con successo in combinazione con alcune tecniche discusse nel Capitolo 9.

4.2.5 Aerazione

Le pompe per l'aria iniettano aria in acqua attraverso tubi e pietre porose che si trovano all'interno delle vasche dei pesci, aumentando così i livelli di DO in acqua (figura 4.44).

L'Ossigeno disciolto supplementare è una componente essenziale di unità NFT e DWC. L'aria viene diffusa attraverso piccole pietre porose (figura 4.45).



Fig. 4.45 - Pietra porosa per la diffusione dell'aria



Fig. 4.44 - Pompe ad aria comunemente in commercio

Più piccole sono le bolle e meglio verrà distribuito l'ossigeno. Le piccole bolle hanno più superficie e quindi rilasciano l'ossigeno nell'acqua meglio di grosse bolle; questo

rende il sistema di aerazione più efficiente e contribuisce al contenimento dei costi. Si raccomanda dunque l'uso di pietre porose di qualità al fine di ottenere bolle di aria piccole. Le pietre porose devono essere pulite regolarmente prima con una soluzione di cloro per uccidere i depositi batterici e poi, se necessario, con una sostanza leggermente acida per rimuovere la mineralizzazione oppure devono essere sostituite, quando il flusso di bolle è insufficiente. La qualità delle pompe ad aria è una componente insostituibile dei sistemi acquaponici, molti sistemi sono stati salvati da un catastrofico collasso proprio da un'abbondanza di DO.

In sintesi: la vasca dei pesci deve essere ossigenata per mezzo pietre porose. I growbed con medium inerte tra la zona bagnata e quella secca devono avere una zona allagata ad intermittenza che si avvantaggia un'elevata disponibilità di ossigeno atmosferico. Nelle unità NFT, l'aerazione aggiuntiva è fornita nel biofiltro, mentre nei sistemi DWC le pietre di aerazione devono essere posizionate sia nel biofiltro che nei canali di coltivazione.

Dimensionamento sistemi di aerazione

Per le unità di piccole dimensioni, costituite da una cisternetta da 1000 litri, si raccomanda l'installazione di almeno due linee di aria con pietre, chiamate anche iniettori, collocate nella vasca del pesce oltre ad un iniettore aggiuntivo nel contenitore del biofiltro.

Sifoni Venturi

Low-tech e semplici da costruire, i sifoni Venturi sono un'altra tecnica per aumentare i livelli di DO nei sistemi acquaponici. Questa tecnica è particolarmente utile nei canali DWC. Per dirla in modo semplice, i sifoni Venturi utilizzano un principio idrodinamico per "succhiare" aria dall'esterno (aspirazione) quando l'acqua pressurizzata scorre con una velocità più elevata attraverso una sezione di tubo di diametro inferiore. Con portata d'acqua costante, se il diametro del tubo diminuisce la velocità dell'acqua deve aumentare, e questa maggiore velocità crea una pressione negativa. I sifoni Venturi sono brevi tratti di tubo (20 mm di diametro, 5 centimetri di lunghezza) inseriti nella tubazione principale di diametro maggiore (25 mm). Poiché l'acqua nel tubo principale viene forzato attraverso la sezione ristretta, crea un effetto jet (vedi sotto).



Fig. 4.46 - Passo dopo passo la preparazione di un sifone Venturi.
Una piccola porzione di tubo (a) viene inserito nell'estremità del tubo principale dell'acqua (b).
Una piccola tacca è praticata (c, d) nel tubo più stretto attraverso cui l'aria viene aspirata (e)

Questo effetto jet aspira aria circostante nel flusso d'acqua, attraverso una piccola tacca/foro che mette il flusso in comunicazione con l'esterno. Se il sifone Venturi è sott'acqua, il piccolo foro può essere collegato con un tratto di tubo esposto all'atmosfera. Il sifone Venturi può essere integrato in ogni tubo di afflusso nei canali DWC e consentirà di accrescere il tenore di DO del canale. Vedere la sezione "Bibliografia" per ulteriori fonti di informazione.

4.2.6 Sump (Serbatoio a pozzetto o vasca di decantazione)

Il serbatoio a pozzetto è una vasca di raccolta dell'acqua nel punto più basso dell'impianto; l'acqua corre sempre verso il basso dunque verso il pozzetto e questo punto è spesso la posizione della pompa sommersa (figura 4.47).

La vasca del pozzetto dovrebbe essere più piccola di quella dei pesci, e dovrebbe essere dimensionata tra un quarto e un terzo del volume dell'acquario. Per la coltivazione a flusso e riflusso dei letti di crescita (media bed), la sump deve essere abbastanza grande da contenere almeno l'intero volume di acqua dei grow bed (vedi sezione 4.3). In impianti molto piccoli, con vasche per il pesce fino a 200 litri si può semplicemente pompare acqua dalla vasca del pesce ai letti di crescita, da dove cadrà nuovamente nella vasca dei pesci. Tuttavia, per le unità più grandi è molto utile avere un pozzetto.

Il metodo migliore in un sistema acquaponico è quello che raccomandiamo è quello di avere la pompa alloggiata nel serbatoio a pozzetto. Un acronimo inglese comunemente usato descrive questa condizione è CHIFT-PIST. Usando questo metodo eventuali perdite d'acqua, comprese evaporazione ed eventuali perdite, si manifestano solo all'interno della vasca del pozzetto e non influenzano il volume del serbatoio di pesce. Eventuali perdite nella componente idroponica del sistema non danneggeranno il pesce.

4.2.7 Materiali idraulici

Ogni sistema richiede una discreta varietà di tubi in PVC, collegamenti e raccordi in PVC, tubi flessibili e tubi vari (figura 4.48).



Fig. 4.47 - Sump o serbatoio a pozzetto, il punto più basso in cui l'acqua si raccoglie per gravità



Fig. 4.48 - Un esempio del materiale idraulico comunemente usato

Sono inoltre necessari sigillante e nastro di teflon. I componenti in PVC sono collegati insieme in modo permanente con colla apposita per PVC, anche se sigillante siliconico può essere utilizzato temporaneamente se l'impianto idraulico non è permanente e le giunzioni non sono sotto acqua ad alta pressione. Sono inoltre necessari alcuni attrezzi generici come martelli, trapani, seghe a mano, seghe elettriche, metri a nastro, pinze, cacciaviti, livelle, ecc. Uno strumento speciale è una sega a tazza o uno svasatore che vengono utilizzati con un trapano elettrico per fare fori fino a 8 cm, necessari per inserire i tubi nelle vasche e nei filtri, nonché per praticare fori nel PVC o nel polistirolo ove mettere le piantine nei sistemi NFT e DWC. L'appendice 8 contiene una dettagliata lista dei materiali necessari per ciascuna apparecchiatura descritta in questa pubblicazione.

Assicurarsi che i tubi e l'impianto idraulico utilizzati nel sistema non siano mai in precedenza venuti in contatto con sostanze tossiche. E' anche importante che l'impianto idraulico utilizzato sia di qualità alimentare per evitare possibili dilavamenti di prodotti chimici nell'acqua del sistema. E' inoltre importante utilizzare tubi che siano neri per impedire la crescita di alghe.

4.2.8 Test kit Acqua

Semplici test dell'acqua sono un requisito indispensabile per ogni sistema acquaponico. I test d'acqua dolce con kit colorati sono facilmente disponibili, abbastanza economici e facile da usare.

Questi possono essere acquistati nei negozi di acquariologia e comprendono test per il pH, l'ammoniaca, nitriti, nitrati, GH e KH (figura 4.49).

Assicurarsi che i produttori siano affidabili e che la data di scadenza sia ancora valida. E' necessario anche un termometro misurare la temperatura dell'acqua.

Maggiori dettagli sull'uso di kit per il test colorimetrico sono descritti nel paragrafo 3.3.6.



Fig. 4.49 - Kit per acquari

4.3 La tecnica dei media bed

Letti di crescita (Growbed) riempiti con un materiale inerte (medium) è il sistema più usato nei sistemi acquaponici su piccola scala. Questo sistema è fortemente raccomandato nella maggior parte delle regioni in via di sviluppo perché consente un uso efficiente dello spazio, ha un costo iniziale relativamente basso ed è adatto ai principianti in ragione della sua semplicità. Nei letti di crescita riempiti con un substrato, il materiale inerte è utilizzato per sostenere le radici delle piante ma svolge anche le funzioni di filtro, sia meccanico che biologico. Questa doppia funzione è la ragione principale per cui tali sistemi sono più semplici. Nei paragrafi seguenti spieghiamo perché i metodi NFT e DWC richiedono componenti specifici e più complicati per la filtrazione. Tuttavia, la tecnica del letto di crescita riempito di inerte è ingombrante e relativamente costosa per gli impianti su vasta scala. Il letto di crescita può ostruirsi se la densità di allevamento di pesce supera la capacità di ricevimento dei letti e ciò può richiedere una filtrazione separata. L'evaporazione dell'acqua è più alta in letti riempiti di inerte a causa della maggiore superficie esposta al sole. Infine alcuni media sono molto pesanti.

Ci sono molti tipi di letti di crescita che utilizzano differenti materiali, anche per questo motivo è la tecnica che è più adattabile alle varie situazioni.

4.3.1 La dinamica dei flussi d'acqua

La figura mostra i principali componenti di un sistema acquaponico che prevede letti riempiti di materiale inerte. Si vedono, la vasca dei pesci, i letti di crescita, il pozzetto di pompaggio (sump), nonché per i blocchetti di cemento per il supporto. La lettura del disegno è più facile da comprendere, seguendo il flusso dell'acqua attraverso il sistema. L'acqua scorre per gravità dalla vasca del pesce, i letti sono pieni materiale inerte poroso che funge anche da biofiltro.



Schema di un piccolo impianto con letti di crescita riempiti di inerte

I letti ospitano la colonia di batteri nitrificanti nonché forniscono un luogo adatto per la crescita delle piante. All'uscita dei growbed, l'acqua prosegue fino al serbatoio a pozzetto, ancora per gravità. A questo punto, l'acqua è relativamente priva sia di rifiuti solidi sia in soluzione e viene pompata di nuovo nella vasca dei pesci, da qui riparte nuovamente alla volta dei letti di crescita, riprendendo il ciclo. Alcuni letti di crescita sono progettati per bagnarsi completamente e successivamente drenare, il che significa che il livello dell'acqua sale a un certo punto e poi drena completamente.

Questo aggiunge l'ossigeno alle radici delle piante ed è di aiuto nella biofiltrazione dell'ammoniaca. Altri metodi di irrigazione utilizzano un flusso costante di acqua, immettendola da un lato del letto e facendola uscire dall'altro, o distribuendola attraverso un sistema di irrigazione a goccia.

4.3.2 Costruzione di un growbed

Materiali

I growbed possono essere di plastica, fibra di vetro o con un telaio di legno rivestito da un foglio di gomma o PVC a tenuta d'acqua. Il sistema più popolare "fai-da-te" per growbed è costruito utilizzando la plastica dei contenitori IBC (cisternette in figura 4.51), modificati oppure con vecchie vasche da bagno.

Si può usare praticamente qualsiasi cosa purché si rispettino queste condizioni:

- i contenitori siano abbastanza forti da trattenere l'innalzamento del livello dell'acqua e il medium inerte senza rompersi;
- siano in grado di sopportare condizioni climatiche difficili;



Fig. 4.51 - Growbed ricavati dai contenitori IBC

- siano in materiale adatto ad un uso alimentare perché è sicuro per i pesci, le piante e batteri;
- possano essere facilmente collegati ad altri componenti dell'impianto attraverso semplici componenti idraulici;

Forma

La forma standard per growbed è un rettangolo, con una larghezza di circa 1 m e una lunghezza 1-3 m. Possono essere utilizzati o fabbricati anche letti più grandi, ma richiedono ulteriori supporti (cioè blocchi di cemento) per sostenere il loro peso. Inoltre, i letti lunghi possono avere distribuzioni disuguali dei solidi che tendono ad accumularsi all'ingresso dell'acqua, aumentando il rischio di zone anaerobiche. I letti non dovrebbero essere così ampi da rendere difficile all'agricoltore/operatore raggiungere almeno la metà della loro larghezza.

Profondità

La profondità (altezza) del *growbed* è importante perché determina lo spazio a disposizione per la crescita delle radici.

Per gli ortaggi da frutto come pomodori o cavoli, il *growbed* dovrebbe avere un'altezza di 30 cm, senza i quali le verdure più grandi non avrebbero sufficiente spazio per la radice. Per le piccole verdure a foglia verde sono necessari solo 15-20 cm di profondità. Tuttavia alcuni esperimenti hanno dimostrato che anche le colture più grandi possono essere coltivate in letti poco profondi se le concentrazioni di nutrienti sono sufficienti.

4.3.3 Scelta del tipo di inerte (medium)

Tutti i substrati di coltivazione utilizzabili devono avere almeno le seguenti caratteristiche: devono avere un'adeguata superficie ed essere permeabili all'acqua e all'aria, permettendo in questo modo ai batteri di crescere, il deflusso delle acque e alle radici delle piante di respirare; devono essere inerti, non polverosi e non tossici e devono avere un pH neutro in modo da non influire sulla qualità dell'acqua. È importante lavare accuratamente il mezzo prima della sua messa in opera, in particolare i letti di ghiaia e lapilli vulcanici che contengono polvere e particelle minuscole. Queste particelle possono ostruire il sistema e danneggiare potenzialmente le branchie dei pesci. Infine, è importante utilizzare un materiale che sia comodo per i lavori agricoli. I criteri essenziali vengono di seguito riassunti:

- grande superficie per la crescita batterica;
 - pH neutro e inerte ;
 - buone proprietà di drenaggio;
 - facile da lavorare;
 - uno spazio sufficiente per l'aria e il fluire dell'acqua all'interno;
 - disponibile e conveniente;
 - se possibile leggero.
- Sono diversi i medium che soddisfano queste condizioni, vediamo alcuni.



Fig. 4.53 - Lapillo vulcanico

Lapillo vulcanico

Il lapillo vulcanico è l'inerte più popolare da utilizzare per i letti di crescita e, se è disponibile, è consigliato (figura 4.53).

Le tre migliori caratteristiche del lapillo vulcanico sono che ha un'area superficiale molto alta in rapporto al volume, può essere economico e facile da reperire, ed è quasi chimicamente inerte. Il lapillo vulcanico ha un rapporto superficie/volume di circa $300 \text{ m}^2/\text{m}^3$, a seconda della dimensione delle particelle, il che offre ampio spazio per la colonizzazione da parte dei batteri. Il lapillo vulcanico è abbondante in molte località in tutto il mondo. Una volta lavato da polvere e sporco, il lapillo vulcanico è quasi completamente chimicamente inerte, ad eccezione piccole

incrostazioni di microelementi come ferro e magnesio, l'assorbimento dei fosfati e ioni potassio nei primi mesi dall'inizio dell'attività è agevolato. La dimensione consigliata del lapillo vulcanico è 8-20 mm di diametro. Se è più piccolo è probabile che si intasi con rifiuti solidi e se fosse più grande non offrirebbe la superficie o il sostegno alle piante richiesto.

La ghiaia

La ghiaia non è particolarmente raccomandata come inerte per la crescita, anche se è comunemente utilizzata (figura 4.54).

La ghiaia, specialmente se di natura calcarea è una roccia sedimentaria, è meno adatta rispetto ad altri media perché ha una superficie inferiore in rapporto al volume, è pesante e non è inerte. Il calcare è composto principalmente da carbonato di calcio (CaCO_3), che si scioglie in acqua e influisce sulla sua qualità. Il calcare aumenta il KH dell'acqua, che aumenterà anche il pH (vedi Sezione 3.3). Pertanto, questo materiale è meglio utilizzarlo dove le fonti idriche sono tendenzialmente acide. Tuttavia una piccola aggiunta di calcare può aiutare a controbilanciare l'effetto acidificante di batteri nitrificanti. La ghiaia inoltre potrebbe

non essere così comoda per lavorare nell'orto, in particolare nei momenti di semina e raccolta e può essere fonte di intasamento se la granulometria non è selezionata. Tuttavia, è spesso il mezzo più conveniente, più comune e prontamente disponibile. La ghiaia può dunque essere utilizzata solo se non si è in grado di accedere con facilità ad alcun altro medium, ma è necessario essere consapevoli del suo impatto sulla qualità dell'acqua.



Fig. 4.54 - Ghiaia

Argilla espansa

L'Argilla espansa (es. LECA) in origine è stata realizzata per l'isolamento termico nella costruzione di tetti, solo più recentemente è stata utilizzata in coltura idroponica. I ciottoli sono di forma rotonda e molto leggeri rispetto ad altri substrati. Sono molto comodi per lavorare e ideali nella realizzazione di impianti sui tetti.

La superficie dell'argilla espansa è di circa 250-300 m^2/m^3 , che è quella desiderata. Tuttavia l'argilla espansa è relativamente costosa e non facilmente disponibile in tutte le parti del mondo. E' reperibile in vari di formati, per l'acquaponica le dimensioni raccomandate sono 8-20 mm di diametro. Questo materiale può fornire ulteriori vantaggi ai produttori in caso di letti di crescita collocati direttamente sui tetti piani. L'edificio può infatti beneficiare di un ulteriore isolamento, che può ridurre i costi di raffreddamento/riscaldamento delle case.



Argilla espansa

Quantità di acqua contenuta nel growbed

A seconda dell'inerte utilizzato, l'acqua occuperà circa il 30-60% del volume del letto di crescita. Conoscere questa percentuale è utile per decidere le dimensioni del serbatoio del pozzetto per ogni unità, perché il serbatoio a pozzetto, che dovrà contenere almeno, il volume totale dell'acqua contenuta *growbed*. Il serbatoio a pozzetto dovrebbe essere leggermente più grande per garantire che vi sia sempre acqua sufficiente per consentire alla pompa di funzionare senza che vada mai in secca.

La tabella seguente riassume le caratteristiche dei vari media utilizzabili per la crescita delle piante in acquaponica:

TABLE 4.1
Characteristics of different growing media

Media type	Surface area (m ² /m ³)	pH	Cost	Weight	Lifespan	Water retention	Plant support	Ease to work with
Volcanic gravel (tuff)	300–400	Neutral	Medium	Medium	Long	Medium–Poor	Excellent	Medium
Volcanic gravel (pumice)	200–300	Neutral	Medium–High	Light	Long	Medium	Medium–Poor	Easy
Limestone gravel	150–200	Basic	Low	Heavy	Long	Poor	Excellent	Difficult
Expanded clay (LECA)	250–300	Neutral	High	Light	Long	Medium–Poor	Medium	Easy
Plastic bottle caps	50–100	Inert	Low	Light	Long	Poor	Poor	Easy
Coconut fibre	200–400 (variable)	Neutral	Low–Medium	Light	Short	High	Medium	Easy

4.3.4 Filtrazione

Abbiamo dunque visto che i letti di crescita riempiti di materiale inerte funzionano come filtri, sia meccanici che biologici e sono molto efficienti. A differenza dei sistemi NFT e DWC (che verranno discussi in seguito), questo tipo di letti di crescita offre l'ambiente adatto per la mineralizzazione che è invece assente nei sistemi NFT e DWC. Tuttavia nel caso di un'alta densità di allevamento di pesci ($> 15 \text{ kg/m}^3$), la filtrazione meccanica può venire sopraffatta e si può correre il rischio di avere il letto di inerte ostruito e che si producano pericolose sacche anaerobiche.

Filtro meccanico

Il letto di crescita riempito di materiale inerte funziona come un grande filtro fisico, catturando gli scarti di pesce, i solidi sospesi e altri detriti organici galleggianti. L'efficacia di questo filtro dipende dalla granulometria del medium perché le particelle più piccole e più sono in grado di catturare i solidi. Inoltre, una portata d'acqua troppo elevata può spingere le particelle attraverso il medium di cui è costituito il letto di crescita facendolo sfuggire al filtro. Nel corso del tempo poi i rifiuti solidi catturati possono rompere l'equilibrio e stentare ad essere mineralizzati. Un sistema correttamente bilanciato tuttavia riesce ad elaborare tutti i rifiuti solidi in entrata. Quando i letti di crescita sono male dimensionati rispetto alla densità dei pesci, è possibile il loro intasamento con i solidi. Questo indica un errore nel progetto del sistema che genera: scarsa circolazione d'acqua, zone anaerobiche e condizioni di pericolo. Quando ciò si verifica, il medium deve essere lavato, operazione laboriosa che interrompe il ciclo produttivo dell'impianto idroponico e può essere di grave disturbo ai batteri nitrificanti.

Per evitare questa situazione è necessario essere sicuri che il progetto considerato sia coerente con la densità di allevamento e il regime alimentare. In alternativa, nella progettazione dell'impianto, può essere integrato un ulteriore dispositivo di cattura dei solidi. Un accorgimento simile è



Fig. 4.55 - Filtrazione aggiuntiva meccanica

raccomandato anche nel caso in cui la densità di allevamento sia superiore a 15 kg/m^3 e/o se la velocità di alimentazione è superiore a 50 g/giorno per ogni metro quadrato di letto di crescita.

Sono diverse le opzioni per questo filtro meccanico supplementare. Una tecnica rudimentale ed economica è quella di assicurare un vecchio calzino spaiato al rubinetto dove l'acqua, uscendo dalla vasca dei pesci, entra nel letto di crescita. Questo semplice filtro deve però essere rimosso e risciacquato ogni giorno. Un altro metodo più elaborato consiste nel posizionare un secchio da 3-5 litri all'interno GB con piccoli fori (6-8 mm) praticati nelle superfici laterali (figura 4.55).

Una spugna, una rete di nylon o una "lana" filtrante in acrilico o plastica possono essere legati in un sacchetto e collocati in questo secchio. Questo filtro intrappolerà i rifiuti solidi e potrà essere rimosso periodicamente per essere sciacquato e sostituito.

Filtrazione biologica

Tutti i substrati di coltivazione qui descritti hanno una grande superficie che i batteri nitrificanti possono colonizzare. Di tutti i tipi di impianti acquaponici quelli con il *growbed* di materiale inerte hanno la maggiore filtrazione biologica a causa della vasta area di supporto su cui i batteri possono crescere. La capacità di biofiltrazione può essere limitata o andare perduta se i letti di crescita diventano poveri di ossigeno, se le temperature scendono troppo o se la qualità dell'acqua è scarsa, ma in generale questi sistemi hanno un livello di filtrazione biologica adeguato.

Mineralizzazione

Nel corso del tempo i rifiuti solidi e quelli metabolici dei pesci che si trovano in sospensione, nonché ogni altro tipo di detrito, vengono lentamente decomposti e trasformati in nutrienti semplici grazie a processi biologici e fisici, formati da semplici molecole e ioni che le piante possono assorbire facilmente. Se si accumula del fango nel medium inerte ciò può indicare che il processo di mineralizzazione non è sufficiente. In questo caso, la raccomandazione è di usare una filtrazione meccanica più efficace ed elaborare separatamente i rifiuti. Questo processo è descritto in dettaglio nella sezione 4.2.2 e al capitolo 5.

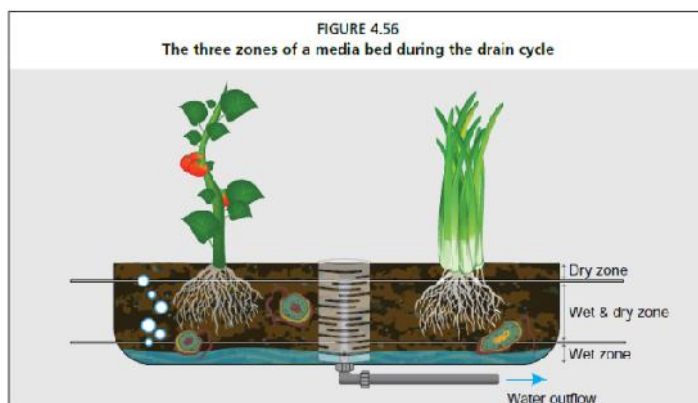
4.3.5 Le tre zone dei letti di crescita su substrato inerte – le caratteristiche e i processi

La caratteristica di un letto di crescita su substrato inerte utilizzato con la tecnica flood-and-drain (bagna e asciuga) è quella di aver tre zone distinte che possono essere considerate "microsistemi", che si differenziano per la quantità di acqua e ossigeno disponibili. Ogni zona ospita un gruppo eterogeneo di batteri, funghi, microrganismi, vermi, insetti e crostacei. Uno dei gruppi più importanti è costituito dai batteri nitrificanti utilizzati per la biofiltrazione, ma ci sono molte altre specie che hanno un ruolo nella decomposizione dei rifiuti prodotti dal pesce. Non è essenziale conoscere tutti questi organismi, in questa sezione si descrivono brevemente le differenze tra queste tre zone e si presentano alcuni dei processi delle ecologici che si verificano in ognuno di essi.

Zona asciutta

La parte superiore 2-5 cm del letto è zona asciutta (figura 4.56).

Questa zona funge da barriera alla luce impedendo alla stessa di colpire direttamente l'acqua e di generare una abnorme crescita di alghe. Inoltre tale zona impedisce la crescita di funghi e batteri dannosi alla base del fusto delle piante, che possono causare marciume del colletto e altre malattie. Un altro motivo per avere una zona asciutta è quello di minimizzare l'evaporazione dai letti coprendo la zona bagnata. Inoltre,



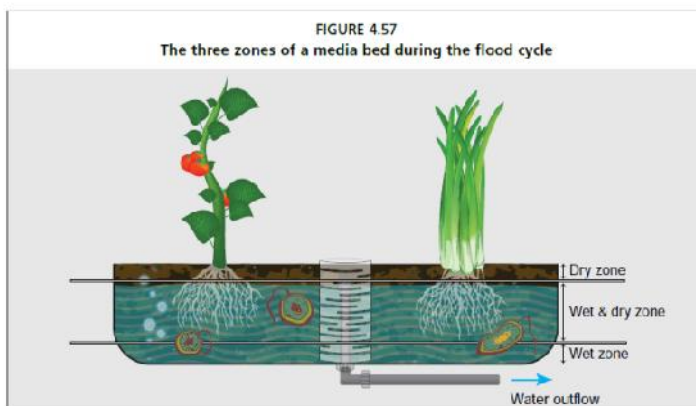
i batteri benefici sono sensibili alla luce diretta del sole, lo strato secco dunque si pone come una protezione.

Zona bagnata/asciutta

Questa è la zona costituita da uno spazio di 10-20 cm dove il letto si allaga e asciuga ad intermittenza (figura 4.57).

Se non si utilizza la tecnica flood-and-drain, questa zona sarà attraversata dall'acqua che scorre attraverso il medium. La maggior parte dell'attività biologica si verifica in questa zona. Lo sviluppo delle radici, le colonie di batteri e i microrganismi benefici sono attivi in questa zona. Le piante e gli animali ricevono acqua, sostanze nutritive e ossigeno a causa dell'alternarsi di aria e acqua.

Una tecnica comune è l'aggiunta di vermi al letto di inerte che vivranno in questa zona di bagnasciuga. I vermi contribuiranno alla scomposizione dei rifiuti solidi prodotti dai pesci oltre a consumare le foglie o le radici morte. Questa attività impedirà che i rifiuti intasino il sistema. Vedere il paragrafo 9.1.1 per ulteriori informazioni sui vermi e sul vermicompost.



Zona bagnata

Questa zona, 3-5 cm dal fondo del letto, rimane permanentemente bagnata. In questa zona, si accumula un piccolo particolato di rifiuti solidi e, quindi, i microrganismi che sono più attivi nella mineralizzazione si trovano qui. Questi organismi includono batteri eterotrofi e altri microrganismi e sono responsabili di demolire i rifiuti in frazioni più piccole e molecole che possono essere assorbite dalle piante attraverso il processo di mineralizzazione.

4.3.6 Irrigazione dei letti di crescita

Ci sono diverse tecniche per fornire acqua ai letti di crescita di medium inerte, ciascuna può essere interessante a seconda della disponibilità locale di materiali, del grado di tecnologia desiderato o dell'esperienza degli operatori. L'acqua può semplicemente colare da tubi forati distribuiti uniformemente sul supporto. Alcuni esperti hanno dimostrato che i modelli a flusso continuo, in cui il livello dell'acqua all'interno del letto di crescita è sempre lo stesso, sono in grado di sostenere gli stessi tassi di crescita di piante come i metodi più complicati. Tuttavia questi sistemi di distribuzione dell'acqua possono ostruirsi con scarti solidi del pesce che dovrebbero essere eliminati periodicamente. Può altresì essere usato un metodo chiamato flood-and-drain noto anche come flusso e deflusso, laddove un sistema di tubazioni e un sifone a campana (autosifone) o un sistema temporizzato allagano prima il medium inerte e, una volta raggiunta una certa quota dell'acqua, lo svuotano completamente. Questa alternanza tra allagamento e drenaggio garantisce che le piante abbiano sempre sostanze fresche e adeguato flusso d'aria nella zona radicale. Inoltre in questo modo si tengono sempre elevati i livelli di ossigeno per le piante e i batteri. Infine si è certi che vi sia in ogni momento un sufficiente livello di umidità nel letto in modo tale che i batteri possano prosperare nelle condizioni ottimali.

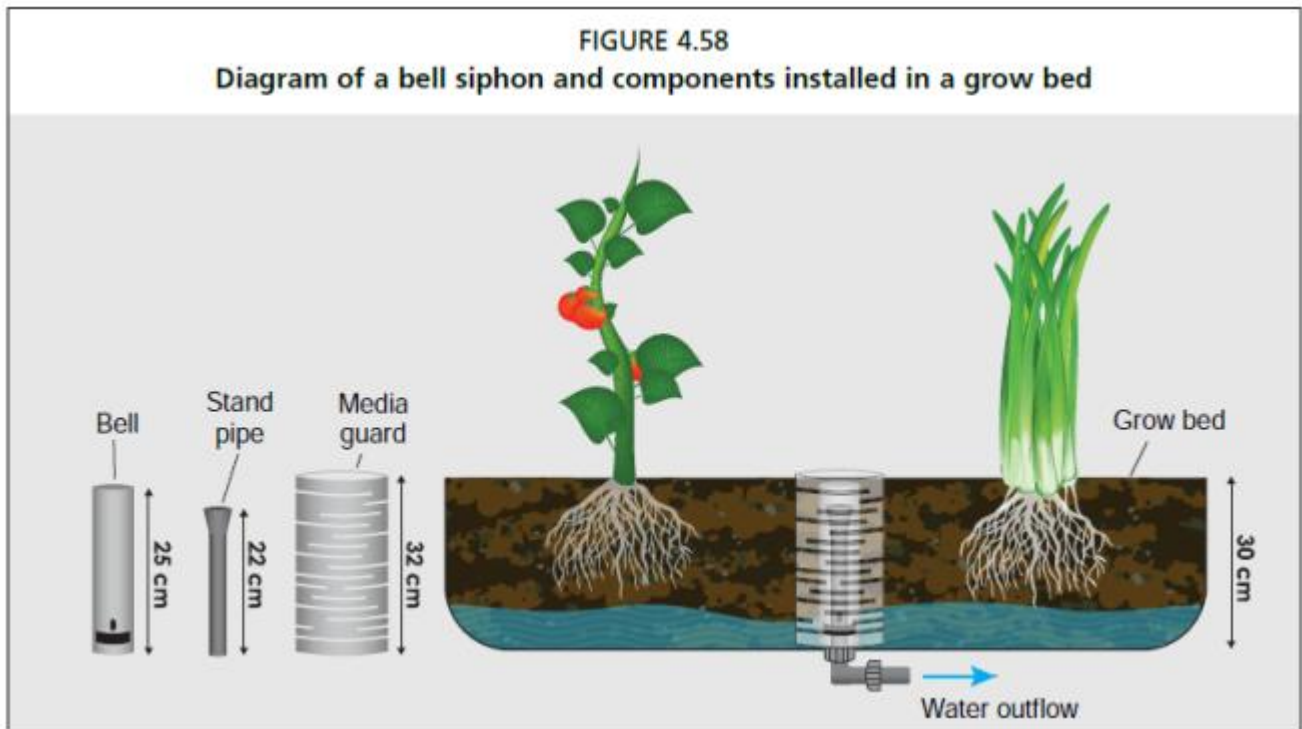
Di solito, questi sistemi compiono un ciclo completo 1-2 volte ogni ora, ma alcuni sistemi di successo rinnovano il ciclo solo 3-4 volte al giorno.

I progetti di sistemi flood and drain possono risultare un po' ostici per chi è alle prime armi, questa pubblicazione discute brevemente due metodi comunemente impiegati per il flusso e deflusso in un

letto di crescita, anche se vi sono altri metodi, come il sifone loop, che sono attualmente oggetto di studi.

SIFONE A CAMPANA

Il sifone campana è un tipo di autosifone che sfrutta alcune leggi fisiche dell'idrodinamica e permette al letto di crescita di inondarsi e di scaricarsi automaticamente e periodicamente senza timer (figura 4.58).



L'azione, i tempi e la funzionalità del sifone dipendono dalla portata dell'acqua nel letto, che deve essere costante. I sifoni a campana possono tuttavia essere complicati da innescare e richiedono attenzione.

Dinamica dei flussi idrici

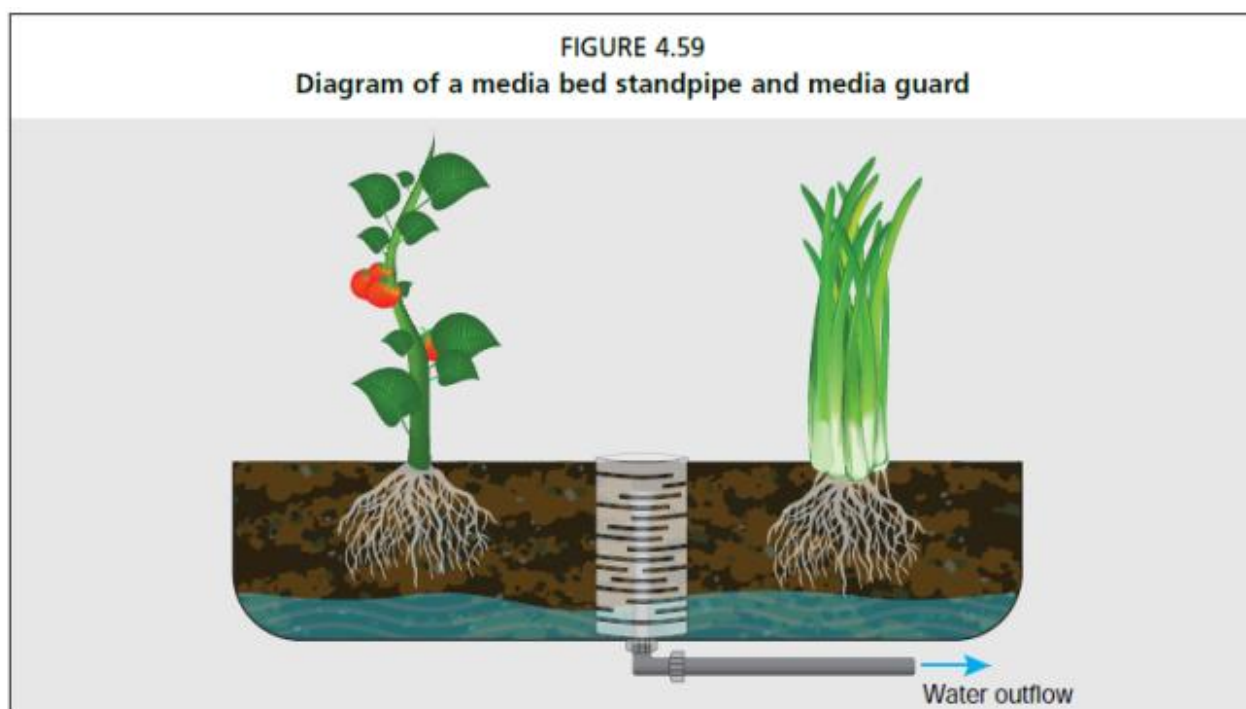
L'acqua che scorre in ciascun letto di crescita deve avere una portata costante. Come l'acqua che riempie il *growbed* raggiunge la sommità del tubo di livello e comincia a gocciolare attraverso il tubo verso il pozzetto, il restringimento della bocca a pipa fa aumentare la velocità dell'acqua che crea un risucchio che favorisce l'uscita dell'acqua dal growbed ad una velocità molto superiore a quella d'ingresso fino al completo svuotamento del contenitore. Quando il contenitore è vuoto nel sifone entra l'aria e il sifone si arresta immediatamente, l'acqua può allora ricominciare a riempire il contenitore ripetere l'intero ciclo di nuovo, in continuazione.

Si veda la sezione bibliografia alla fine di questa pubblicazione per ulteriori informazioni su sifoni campana.

MECCANISMO A TIMER

Questo metodo di irrigazione flood and drain si basa su un timer sulla pompa dell'acqua per controllare l'allagamento periodico e lo scarico (figura 4.59).

Il vantaggio di questo metodo è che non vi è alcun sifone automatico, che può essere laborioso da calibrare. Tuttavia, presenta lo svantaggio di una ridotta circolazione di acqua e una minore aerazione. Questo metodo è meno appropriato in situazioni di allevamento ad alta densità e richiede particolare attenzione per fornire aerazione supplementare ai pesci.



Dinamica dei flussi idrici

L'acqua scorre nel growbed, inondandolo fino a quando raggiunge la cima del tubo. L'acqua poi drena attraverso questo tubo e si accumula giù nel pozzetto (sump). Il tubo è di diametro sufficiente per drenare tutta l'acqua che affluisce. In fondo al tubo c'è un piccolo foro di diametro 6-12 mm insufficiente per drenare tutta l'acqua in entrata e, pertanto, anche se l'acqua entra nel piccolo foro, il growbed continua a riempirsi fino a raggiungere la sommità della tubo di scarico verticale. Ad un certo punto il letto sarà pieno, il timer interrompe l'alimentazione alla pompa dell'acqua e l'acqua del growbed continuerà fluire attraverso il piccolo foro alla base del tubo di scarico verticale, fino a drenare completamente il medium.

Quando verrà ripristinata l'alimentazione elettrica della pompa dell'acqua il growbed verrà di nuovo riempito con acqua proveniente dalle vasche ittiche. È molto importante che l'acqua fresca che entra nel growbed sia in quantità maggiore dell'acqua che fluisce attraverso la piccola uscita alla base del tubo così che il letto posso svuotarsi e bagnarsi in continuazione. La lunghezza dei cicli di inondazione e i drenaggio sono determinati dalle dimensioni del growbed, dalla portata d'acqua in ingresso e dal diametro del foro di gocciolamento in uscita alla base del tubo di scarico verticale.

Portata in ingresso.

Per assicurare un'adeguata filtrazione, l'intero volume della vasca dei pesci dovrebbe essere pompato attraverso i growbed ogni ora. Infine, una buona manutenzione periodica dei tubi di scarico assicura il perfetto funzionamento del sistema.

I materiali utilizzati per il metodo timer sono i seguenti: un tubo verticale (diametro 2,5 cm, altezza 23 cm che presenta a 2,5 cm dal fondo un foro gocciolante di diametro 6-12 mm); un tubo fessurato di protezione del diametro di 11 centimetri e 32 cm di altezza, che circonda il tubo per evitare che il medium inerte vada ad intasare il tubo di scarico e un timer che controlla la pompa, calibrato in modo tale che il flusso dell'acqua sia superiore alla capacità di scarico del tubo.

4.4 Nutrient Film Technique (NFT)

Il NFT è un metodo idroponico che utilizza tubi orizzontali ciascuno con una ridotta quantità d'acqua in circolazione ricca di sostanze nutritive. L'acqua del sistema acquaponico scorre attraverso la canalizzazione (figura 4.60).

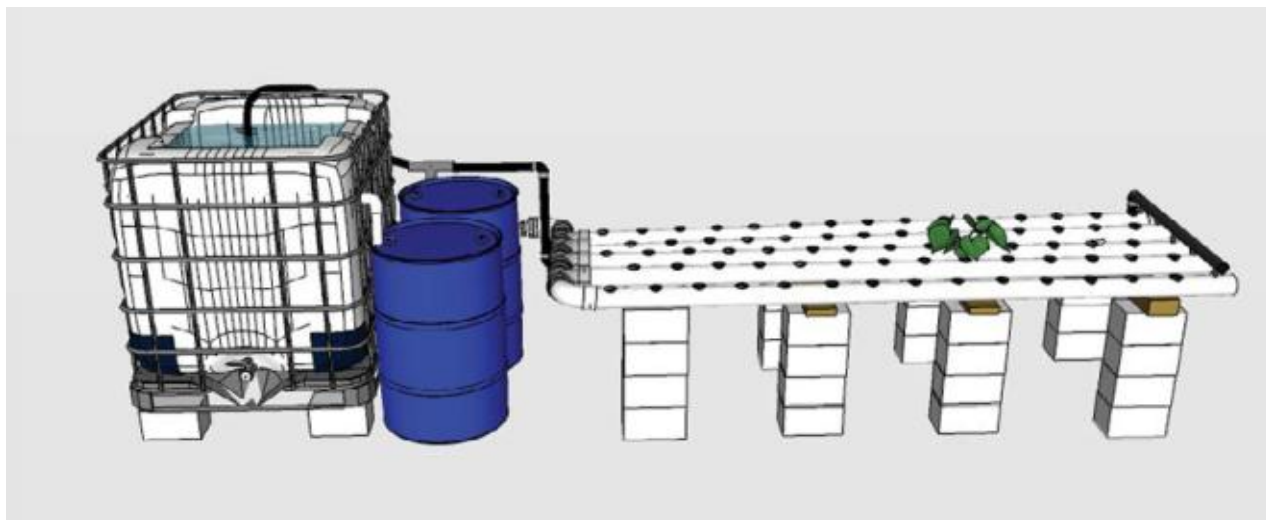


Fig. 4.60 - Schema di una piccola unità NFT

Le piante collocate all'interno fori nella parte superiore dei tubi sono in grado di utilizzare questa sottile pellicola di acqua ricca di sostanze nutritive.

Sia NFT che DWC sono metodi più diffusi nell'acquaponica commerciale in quanto entrambi sono finanziariamente più remunerativi, rispetto ai letti di crescita (growbed) che utilizzano un medium inerte, soprattutto quando cresce la dimensione degli impianti (figura 4.61).

Questa tecnica ha un tasso di evaporazione molto basso perché l'acqua è completamente al riparo dal sole, tuttavia è molto più complessa e costosa rispetto ai letti riempiti di materiale inerte e potrebbe non essere appropriata in luoghi con uno sbocco inadeguato ai mercati. Al contrario si presta bene ad applicazioni urbane, soprattutto quando si utilizza lo spazio in altezza o vi sono delle limitazioni di peso degli impianti.



Fig. 4.61 - Cespi di lattuga in un impianto commerciale

A prescindere dai diversi approcci e dai diversi contesti in cui applicare i vari metodi la maggiore differenza con la tecnica del medium inerte è il metodo di filtrazione che entrambe le tecniche, NFT e DWC, devono utilizzare. Il testo che segue descrive in dettaglio le esigenze di una filtrazione più accurata richiesta dai sistemi NFT e DWC. Successivamente i metodi e NFT e DWC verranno discussi singolarmente.

La trattazione generale di questa sezione inizia con la dinamica del flusso idrico, ovvero come l'acqua si muove attraverso il sistema. Poi verranno discussi i metodi di filtrazione, infine verranno fornite specifiche linee guida per l'impianto con un sistema NFT.

4.4.1 dinamica del flusso idrico

L'acqua scorre per gravità dalle vasche del pesce, attraverso il filtro meccanico ed un biofiltro che svolge al tempo stesso la funzione di pozzetto (sump). Da quest'ultimo, l'acqua viene pompata in due direzioni attraverso un raccordo a "Y" dotato di 2 saracinesche: una parte torna direttamente alla vasca dei pesci la restante parte dell'acqua si dirige in un collettore che la distribuisce attraverso i tubi NFT. L'acqua scorre, sempre per gravità, attraverso i tubi di coltivazione dove si trovano le piante e all'uscita viene restituita alla vasca dei pesci.

L'acqua che entra nella vasca dei pesci fa sì che questa trabocchi attraverso un "troppo pieno" verso l'impianto di filtraggio pronta a riprendere così il ciclo.

Il percorso qui descritto è chiamato "a 8" perché il percorso dell'acqua si sviluppa pressoché tutto in piano utilizzando una sola pompa. Non è necessario posizionare un pozzetto più in basso rispetto al resto dell'impianto, è possibile in questo modo installare coltivazioni con questa tecnica su pavimenti esistenti o sui tetti di cemento. Tutti i componenti sono allo stesso livello del piano di lavoro per l'agricoltore, senza che questi debba chinarsi o utilizzare scale. Inoltre, il progetto utilizza pienamente lo spazio del contenitore IBC (cisternetta) per garantire un adeguato spazio per i pesci. Uno svantaggio è che la combinazione pozzetto/biofiltro opera diluendo la concentrazione di nutrienti infatti solo una parte dell'acqua raggiunge i tubi di coltivazione, l'altra parte ritorna ai pesci prima che sia stata completamente privata di nutrienti. Tuttavia, la diluizione viene gestita controllando il flusso bidirezionale che lascia il pozzetto/biofiltro e ciò ha poco effetto sull'efficacia di questo sistema in termini di prestazioni. Generalmente, la pompa riporta 80 percento dell'acqua alle vasche dei pesci e il restante 20 per cento è destinato ai letti o canali di produzione, tutto questo può essere controllato con la valvola.

4.4.2 Filtrazione meccanica e biologica

Una filtrazione dedicata è di fondamentale importanza sia nei sistemi NFT che in quelli DWC. Mentre il medium inerte nella tecnica con il growbed funge biofiltro e da filtro meccanico, le tecniche NFT e DWC non hanno questo vantaggio. Pertanto, entrambi i tipi di filtri devono essere costruiti appositamente: in primo luogo, una trappola fisica per catturare i rifiuti solidi e quindi un filtro biologico per la nitrificazione. Come accennato nel paragrafo 4.3, ci sono molti tipi di filtri meccanici i sistemi NFT e DWC richiedono quelli nella fascia alta di efficienza. I disegni che verranno descritti nell'appendice 8 utilizzano un filtro meccanico a vortice per intrappolare i rifiuti di particolato, con scarico periodico dei solidi catturati. All'uscita dal filtro a vortice, l'acqua passa attraverso uno filtro a rete aggiuntivo per intrappolare qualsiasi residuo solido e poi raggiunge biofiltro. Il biofiltro è ben ossigenato con pietre che diffondono aria e contiene un supporto adatto alla biofiltrazione, solitamente Bioballs® altri supporti di materiale plastico o tappi di bottiglia, che aiutano i batteri nitrificanti a trasformare i rifiuti disciolti. Con una filtrazione insufficiente, sia le unità NFT che quelle DWC si intaserebbero, diventerebbero asfittiche e offrirebbero a piante e pesci le condizioni per una crescita solo stentata.

4.4.3 Tubi di coltivazione NFT costruzione e messa a dimora

Dopo i metodi di filtrazione illustrati in precedenza i sistemi NFT prevedono l'uso di tubi in plastica disposti orizzontalmente per coltivare gli ortaggi (figura 4.62).



Fig. 4.62 - Lattuga in accrescimento in tubi quadrati con sistema NFT



Fig. 4.63 - Tubi di coltivazione NFT organizzati verticalmente

Qualora fosse possibile sarebbe meglio utilizzare i tubi di sezione rettangolare con larghezza superiore all'altezza, che rappresentano lo standard tra i coltivatori idroponici. La ragione è che con questo tipo di tubi la superficie del film di acqua che colpisce le radici è più grande e favorisce l'assorbimento dei nutrienti e dunque la crescita delle piante. Uno dei vantaggi del sistema NFT è che i tubi possono essere organizzati in molti modi, anche con lo scopo di fare uso anche degli spazi verticali: muri, recinzioni e balconi (figura 4.63).

L'acqua viene pompata dal biofiltro in eguale misura in ogni tubo idroponico con un piccolo flusso che crea una pellicola superficiale ricca di sostanze nutritive che scorre lungo il fondo. I tubi di coltivazione posseggono una serie di fori lungo la parte superiore del tubo in cui sono collocate le piante. Non appena le piante iniziano a consumare il rivolo d'acqua ricco di sostanze nutritive, cominciano a sviluppare gli apparati radicali all'interno dei tubi di coltivazione. Al stesso tempo, gli steli e le foglie crescono all'esterno dei tubi. La pellicola superficiale di acqua nella parte inferiore di ciascun tubo assicura che le radici ricevano grandi quantità di ossigeno oltre all'umidità e alla nutrizione. Mantenere un flusso solo superficiale permette alle radici di avere una superficie di scambio con l'aria più grande. Il flusso d'acqua per ciascun tubo di coltivazione deve essere maggiore di 1-2 litri/min. La portata viene controllata dalla valvola a Y, tutto il flusso di acqua in eccesso viene restituito alle vasche del pesce.

Tubi di coltivazione: forma e dimensione

E' consigliabile scegliere un tubo con il diametro ottimale per i diversi tipi di piante coltivate. I tubi con una sezione quadrata sono i migliori, ma tubi tondi sono più comuni e assolutamente accettabili. Per gli ortaggi da frutto più grandi, sono necessari tubi con diametro di 11 centimetri mentre per le verdure a foglia e di piccole dimensioni, con piccole masse di radici e a rapida crescita sono necessari tubi con un diametro di 7,5 cm. Per la policoltura su piccola scala (in cui si coltivano molti tipi di verdure) devono essere utilizzati tubi di diametro 11 cm (figura 4.64).

Questo evita limitazioni nella scelta del vegetale perché le piantine possono sempre essere coltivate nei tubi più ampi, anche se si perde nella possibilità di aumentare la densità di impianto. Piante con ampi appa-



Fig. 4.64 - Tubi di coltivazione che mostrano l'intervallo dei buchi per le piante

rati radicali, tra i quali il pomodoro e la menta, sono in grado di intasare i tubi più piccoli e causare straripamenti e perdite d'acqua. E' pertanto necessario essere particolarmente consapevoli che potrebbero intasarsi anche tubi di grandi dimensioni.

La lunghezza del tubo di coltivazione può essere compresa tra 1 e 12 m. In tubi di lunghezza superiore a 12 metri, possono verificarsi carenze nutrizionali verso l'estremità dei tubi perché le prime piante hanno già assorbito le sostanze nutritive. Una pendenza di circa 1 cm per ogni metro di lunghezza del tubo è necessaria per essere sicuri che l'acqua scorra attraverso il tubo con facilità. La pendenza viene controllata utilizzando spessori (cunei).

Sono consigliati tubi in PVC perché di solito sono quelli più comunemente disponibili e sono economici. Devono essere utilizzati tubi bianchi perché il colore riflette i raggi del sole, mantenendo così la temperatura dell'acqua all'interno più fresca. In alternativa sono raccomandati, tubi idroponici quadrati o rettangolari di 10 cm di larghezza e 7 cm di altezza. I tubi idroponici professionali per i coltivatori commerciali sono in genere di questo tipo e forma.

Coltivare all'interno dei tubi di coltivazione

I fori nel tubo idroponico dovrebbero avere un diametro di 7-9 cm e dovrebbero corrispondere alle dimensioni dei contenitori disponibili per la coltivazione. Ci dovrebbe essere un minimo di 21 cm tra il centro di ogni foro per consentire un adeguato spazio di impianto per ortaggi a foglia e verdure più grandi. Ogni piantina viene inserita in una tazza di rete di plastica, che poi a sua volta è inserita all'interno del tubo di coltivazione. Ciò fornisce supporto fisico per la pianta. Le tazze di rete sono riempite generalmente con il substrato utilizzato per le colture idroponiche (ghiaia vulcanica, lana di roccia o di Leca) posto tutto intorno alla piantina. Per le insalate se lo si desidera, può essere posizionato un tubo di PVC lungo 5-10 cm che poggia all'interno della tazza di rete di 5 cm di diametro, per fornire ulteriore equilibrio e sostegno alla pianta.



Fig. 4.65 - Tazza traforata, supporto in PVC e substrato di crescita



Fig. 4.66 - lattuga alla raccolta

Istruzioni dettagliate per l'impianto sono contenute nell'appendice 8.

Se le tazze in rete di plastica non sono disponibili o sono troppo costose, è possibile utilizzare normali bicchieri di plastica. Seguire la tecnica di impianto, come indicato nel paragrafo precedente avendo cura di praticare molti buchi nel bicchiere di plastica in modo che le radici abbiano molti punti di contatto con il tubo di coltivazione. Per i coltivatori che ne hanno la possibilità è possibile utilizzare supporti di schiuma agricola per sostenere le piante



Fig. 4.67 - Pianta di lattuga coltivata senza una tazza a rete direttamente nel tubo di crescita

all'interno del tubo di coltivazione. Se nessuna di queste opzioni è disponibile o desiderata, è possibile trapiantare direttamente le piantine nei tubi, in particolare nei tubi rettangolari (figura 4.67).

Le radici delle piante possono essere accuratamente risciacquate per eliminare le tracce del supporto di germinazione in modo tale da non sporcare l'acqua, in alternativa le piantine possono essere trapiantate con il loro supporto di germinazione, con il vantaggio di risparmiare un ulteriore stress alle piante. In ogni caso è necessario avere cura che le radici possano toccare il flusso di acqua sul fondo del tubo. Questo farà sì che le giovani piantine non si disidratino. In alternativa, possono essere aggiunti stoppini che "peschino" nel flusso d'acqua. Inoltre, è consigliabile innaffiare le piantine con l'acqua del sistema acquaponico una settimana prima loro trapianto, questo aiuterà a mitigare lo stress da trapianto perchè le piante si abitueranno meglio alla nuova acqua.

4.5 Tecnica Deep Water Culture

Il metodo comporta la sospensione delle piante sull'acqua, facendole galleggiare con le radici nude, su lastre di polistirene flottanti (figure 4.68 e 4.69).



Fig. 4.68 - Schema di una sistema DWC che utilizza un filtro di medium inerte come nel letto di semina (growbed)

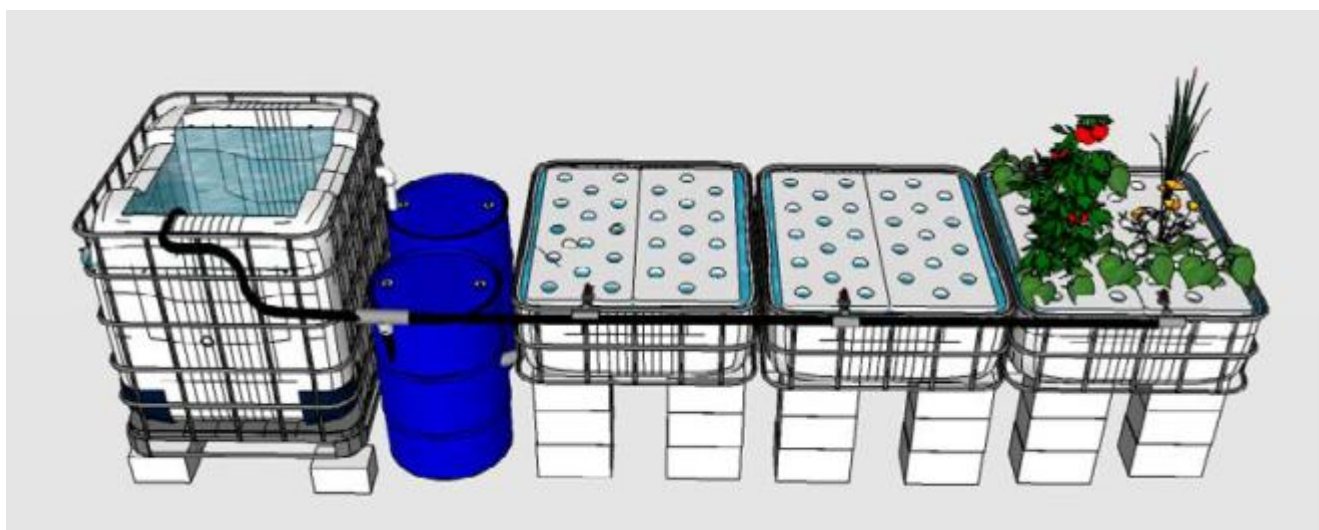


Fig. 4.69 - Schema di un sistema DWC con filtri fisico e biologico

Questo metodo è il più comune per le grandi acquaponiche di tipo commerciale che producono una coltura specifica (tipicamente lattuga, insalata a cespo o basilico, figura 4.70), ed è più adatto per l'automazione. Su una piccola scala, questa tecnica è più complicata di quella del letto di crescita con medium inerte e potrebbe non essere adatta per alcune località, in particolare quando ci sia un limitato accesso ai materiali.



Fig. 4.70 - Un grande impianto DWC



Fig. 4.71 - Vasca di coltivazione DWC e radici fluttuanti in una piccola unità acquaponica.

4.5.1 dinamica del flusso idrico

La dinamica del flusso idrico in un impianto DWC è quasi identica a quella di un impianto NFT. L'acqua scorre per gravità dalla vasca del pesce, attraverso il filtro meccanico e nella combinazione biofiltro/pozzetto. Dal pozzetto, l'acqua viene pompata in due direzioni attraverso un connettore a "Y" e 2 valvole. Una parte dell'acqua viene pompata direttamente alla vasca dei pesci, il resto viene mandata nel collettore, che distribuisce in modo uguale l'acqua attraverso i canali. L'acqua scorre, sempre per gravità, attraverso i canali di coltivazione dove sono situati gli impianti ed esce dalla parte opposta. All'uscita dai canali l'acqua viene restituita al biofiltro/pozzetto, da dove viene pompata ancora sia nella vasca del pesce sia nei canali. L'acqua che entra nel serbatoio di pesce fa sì che la vasca del pesce trabocchi attraverso il tubo di uscita del troppo pieno e di nuovo nel filtro meccanico, completando così il ciclo.

Questa configurazione "a 8" descrive il percorso dell'acqua già visto nel sistema NFT, l'acqua scorre attraverso il filtro meccanico e biofiltro prima di essere pompato di nuovo alla vasca dei pesci e nei canali ove vi sono le piante. A differenza del NFT dove i nutrienti nel rivolo (film) di acqua che scorre a livello delle radici si esauriscono rapidamente, nel DWC il grande volume di acqua contenuta nei canali consente alla notevole quantità di sostanze nutritive di essere utilizzate dalle piante. Tale disponibilità di nutrienti potrebbe anche suggerire una diversa progettazione dei sistemi, utilizzando una configurazione "a cascata" con un solo ingresso ad una serie di tubi perché l'aumento del flusso dell'acqua aiuterebbe le radici ad accedere a un flusso maggiore di nutrienti. Nel sistema DWC mostrato nel primo dei due schemi riportato nelle figure sopra, l'acqua viene pompata alle vasche di coltivazione che hanno lastre di polistirene galleggianti sul piano di appoggio della pianta. La portata dell'acqua in ingresso in ogni canale è relativamente bassa, in generale, ogni vasca trattiene l'acqua per 1-4 ore. Il tempo di ritenzione è un concetto simile al tasso di ricambio, e si riferisce alla quantità di tempo necessario per sostituire tutta l'acqua in un recipiente. Per esempio, se il volume dell'acqua di una vasca è 600 litri e la portata dell'acqua in ingresso al contenitore è 300 litri/h, il tempo di ritenzione è 2 ore ($600 \text{ litri} / 300 \text{ litri/h}$).

4.5.2 Filtrazione meccanica e biologica

La filtrazione meccanica e biologica in una unità DWC è identica a quella di una unità NFT ed è descritta nel paragrafo 4.4.2.

4.5.3 Vasche o canali di coltivazione DWC - costruzione e messa a dimora delle piantine.

Le vasche di coltivazione possono essere di lunghezza variabile, da uno a varie decine di metri (figura 4.71). In generale, la loro lunghezza non è un problema, come era nella tecnica NFT, perché il grande volume di acqua consente in ogni caso un adeguato apporto di sostanze nutritive. Una ottimale nutrizione delle piante nelle vasche molto lunghi dovrebbe in ogni caso essere sempre supportata da un adeguato afflusso di acqua e dalla riossigenazione per garantire che i nutrienti non si esauriscano e che le radici possano respirare. Per quanto riguarda la larghezza è generalmente consigliabile usare come standard la larghezza di un foglio di polistirolo, ma può essere multipla di questo. Tuttavia, vasche più strette assicurano una velocità dell'acqua superiore che può utilmente irrorare le radici con flussi maggiori di nutrienti. La scelta della larghezza dovrebbe anche tenere in considerazione l'accessibilità da parte dell'operatore. La profondità consigliata è di 30 cm per permettere di adeguato spazio alle radici di ogni pianta. Così come per le vasche dei pesci, le vasche di coltivazione DWC possono essere realizzate in qualsiasi materiale resistente e inerte che può contenere l'acqua. Per le unità di piccole dimensioni, materiali più diffusi sono i contenitori IBC (cisternette), contenitori di plastica o vetroresina. Le vasche molto più grandi possono essere costruite utilizzando tavole di legno o blocchi di cemento rivestiti con teli impermeabili alimentari. In caso di utilizzo di calcestruzzo, assicurarsi che sia sigillato con un materiale impermeabile non tossico, per evitare la lisciviazione nell'acqua del sistema di potenziali minerali tossici dal cemento. Come accennato in precedenza, il tempo di ritenzione per ogni vasca in una unità è 1-4 ore, indipendentemente dalle dimensioni effettive. Ciò consente un adeguato rifornimento dei nutrienti in ogni vasca, anche se il volume di acqua e la quantità di nutrienti nelle vasche profonde è sufficiente per nutrire le piante per periodi più lunghi. La crescita delle piante riesce a trarre beneficio da flussi più veloci dell'acqua, perché le radici saranno colpite da molte più di ioni; mentre i flussi più lenti e acqua quasi stagnante avrebbe un impatto negativo sulla crescita delle piante.

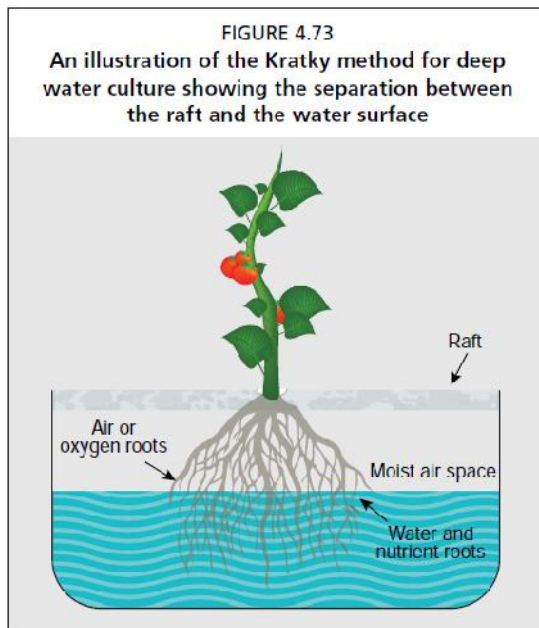
L'aerazione per i sistemi DWC è di vitale importanza. In una vasca densamente coltivata, la richiesta di ossigeno per piante potrebbe causare la caduta dei livelli di DO al di sotto del minimo. Qualsiasi decomposizione di rifiuti solidi presenti nella vasca aggraverebbe il problema, diminuendo ulteriormente il DO.

Quindi è importante installare un sistema di aerazione. Il metodo più semplice è quello di posizionare diverse piccole pietre per la diffusione dell'aria nelle vasche (figura 4.72).

La pietra d'aerazione dovrebbe rilasciare circa 4 litri di aria al minuto, ed essere collocata ogni 2-4 m² di superficie della vasca. Inoltre dei sifoni Venturi (si veda il paragrafo 4.2.5) possono essere aggiunti ai tubi di afflusso dell'acqua per aerare l'acqua nel momento in cui entra nella vasca. Infine nel sistema DWC può essere messo in pratica il metodo di Kratky (figura 4.73) lasciando uno spazio di 3-4 cm tra il polistirolo e il pelo dell'acqua all'interno del canale.



Fig. 4.72 - Effetti di una pietra di areazione in un sistema DWC



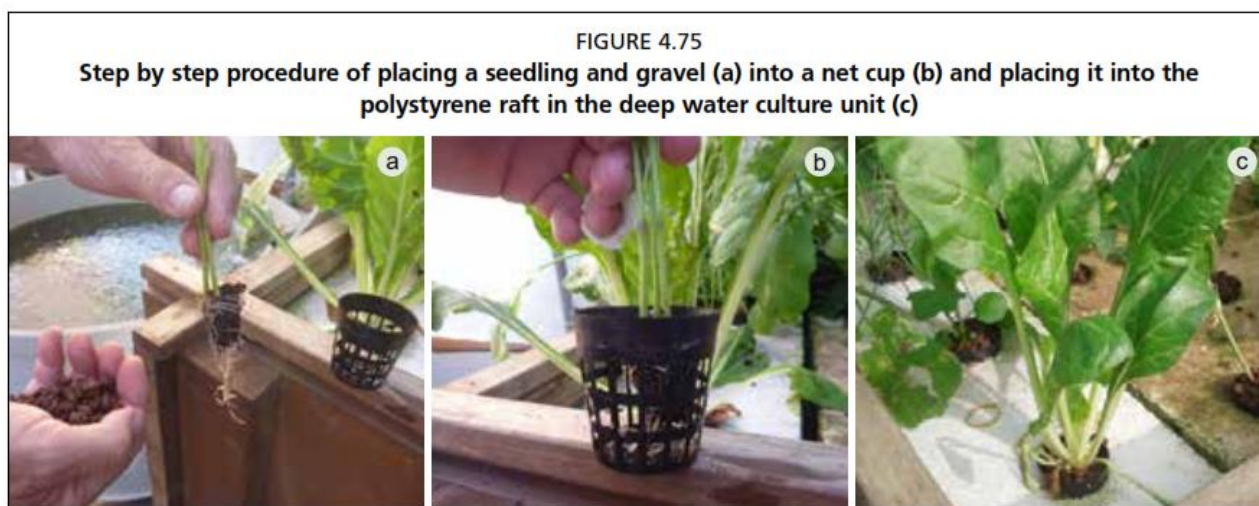
Questo consente la circolazione dell'aria intorno alla parte superiore delle radici delle piante eliminando la necessità di pietre porose di aerazione nel canale perché vi è una sufficiente quantità di ossigeno per le radici contenuta nell'aria presente nell'intercapedine. Un altro vantaggio di questo metodo è quello di evitare il contatto diretto del fusto della pianta con acqua, che riduce i rischi di malattie delle piante nella la zona del colletto. Inoltre, la maggiore ventilazione ha come risultato anche quello della dissipazione del calore dall'acqua, particolarmente necessaria nei climi caldi. Non aggiungere i pesci nelle vasche poiché potrebbero mangiare o danneggiare le radici delle piante, soprattutto da parte di pesci erbivori come tilapia e carpe. Tuttavia, alcune specie di pesci carnivori di piccola taglia, come i pesci rossi, Molly, pesci mangiatori di zanzare, possono essere utilizzati con successo per tenere sotto controllo le larve di zanzara che in alcune aree possono diventare un enorme fastidio per gli operatori e i vicini di casa.

I fogli di polistirolo devono avere un certo numero di fori per adattarsi ai vasetti di rete (o cubi spugna) utilizzati per sostenere ogni impianto (figura 4.74).

La quantità e la posizione dei fori è dettata dal tipo di verdura e dalla distanza desiderata tra le piante, le piante più piccole possono essere posizionate più da vicino. L'appendice 8 include dettagli specifici e utili suggerimenti su come praticare i fori. Le piantine possono essere coltivate in un impianto dedicato (vivaio, vedi Sezione 8.3) in piccoli appezzamenti di terreno o una coltura fuori suolo. Una volta che le piantine sono abbastanza grandi per essere gestite, possono essere trasferite nei supporti di rete e sistemate nel sistema DWC (figura 4.75).



Fig. 4.74 - Fogli di polistirolo in una piccola unità DWC con i fori di alloggiamento per le piantine



Lo spazio rimanente nel contenitore a rete deve essere riempito con un medium per coltura idroponica, come ghiaia vulcanica, lana di roccia o LECA, per sostenere la piantina. È anche possibile piantare semplicemente un seme direttamente nelle tazze di rete sopra il substrato. Questo metodo è talvolta raccomandato se i semi degli ortaggi sono facilmente maneggiabili perché evita lo stress da trapianto. Quando si procede alla raccolta, assicurarsi di rimuovere tutta la pianta, comprese le radici e le foglie morte, dal canale. Dopo aver raccolto le zattere queste devono essere pulite, ma senza lasciarle asciugare, in modo da evitare di uccidere i batteri nitrificanti presenti sulla superficie della zattera a contatto con l'acqua (lato inferiore). Anche gli impianti di grandi

dimensioni dovrebbero pulire le zattere con acqua per rimuovere lo sporco e i residui vegetali e subito riposizionarle nei canali per evitare stress ai batteri nitrificanti.

4.5.4 Caso speciale DWC - bassa densità di pesci, senza filtri

Un caso del tutto particolare è rappresentato dai sistemi acquaponici a bassissima densità di pesce (figura 4.76).



Fig. 4.76 - Schema di un piccolo impianto a bassa densità senza filtrazione meccanica e biologica

Questi impianti ospitano una bassissima densità di pesci (cioè 1-1,5 kg di pesce per m³ di vasca di allevamento). Semplici filtri a rete sono usati per trattenere la maggior parte dei rifiuti solidi e le ampie vasche di coltivazione servono come vasche di decantazione per i rifiuti. Il vantaggio di questo metodo è la riduzione investimento economico iniziale, eliminando al tempo stesso la necessità di contenitori e filtri aggiuntivi, materiali che possono essere difficili e costosi da trovare in alcune località. Per contro, densità di allevamento inferiori porteranno ad una produzione ittica inferiore. Alcune imprese acquaponiche fondano il loro business sul rendimento dell'impianto idroponico, piuttosto che sulla produzione di pesci, usando quest'ultimo essenzialmente solo come fonte di nutrienti. Spesso, questo metodo richiede aggiunta di nutrienti per assicurare la crescita delle piante. Se si prende in considerazione questo metodo, è necessario riformulare il rapporto costi/benefici in relazione al tipo di impianto che si vuole condurre.

Dinamica dei flussi idrici

La differenza principale tra i due modelli di impianti DWC (alta densità di pesce/bassa densità di pesce) è che il progetto a bassa densità non utilizza contenitori di filtrazione esterni, meccanica o biologica. L'acqua scorre per gravità dalla vasca dei pesci direttamente in quella DWC passando attraverso un semplice filtro a rete. L'acqua viene quindi restituita ad un pozzetto e pompata di nuovo alle vasche del pesce.

Sia l'acqua della vasca dei pesci che quella delle vasche DWC è aerata con una pompa per aria. I rifiuti del pesce vengono decomposti a opera di batteri nitrificanti e mineralizzanti che vivono sulla superficie della radice della pianta e sulle pareti del canale.

La densità di pesce può variare in modo lineare, passando da densità molto basse che non hanno bisogno di filtri, fino a densità molto elevate che hanno bisogno di un filtro esterno dedicato. Una

soluzione semplice per ottenere mineralizzazione e biofiltrazione supplementari e per evitare l'accumulo di rifiuti di solidi sul fondo dei canali consiste nella combinazione di un semplice filtro a rete con un cesto riempito con ghiaia della dimensione di un pisello o con palline di argilla, posizionati appena sopra il livello dell'acqua che fuoriesce dalla vasca dei pesci. Il cestello agisce come un filtro di gocciolamento catturando e rimineralizzando i solidi. L'acqua che cade dal secchio in questo modo si arricchisce anche di ossigeno attraverso il suo effetto a spruzzo. Inoltre, l'uso della ghiaia avrebbe una azione tampone nei confronti della conseguente acidificazione dell'acqua. Questo può contribuire a garantire un'adeguata biofiltrazione senza aumentare il costo di biofiltri esterni.

Una densità dei pesci più bassa significa anche che la portata d'acqua può essere inferiore. Può essere quindi utilizzata una pompa più piccola, riducendo i costi, ma è necessario assicurarsi che almeno la metà del volume totale della vasca del pesce venga ricambiato ogni ora. In realtà, alcuni ricercatori hanno avuto successo con la rimozione dell'elettropompa facendo affidamento sul lavoro manuale per ricambiare l'acqua due volte al giorno. Tuttavia, questi sistemi sono completamente dipendenti da una adeguata aerazione. A parte queste differenze, le altre raccomandazioni per la costruzione di vasche e canali DWC sono applicabili anche per il metodo a bassa densità.

Gestione delle unità a bassa densità di pesce

Le principali differenze rispetto alla gestione di impianti ad alta densità verranno discusse più in dettaglio nel capitolo 8. La filtrazione meccanica suggerita per questi tipi di sistemi sopporta 1-5 kg di pesce/m³ (in confronto con 10-20 kg/m³ per altri sistemi analizzati in questo manuale). In precedenza, è stato suggerito che l'equilibrio tra pesci e piante è strettamente legato alla quantità di mangime utilizzato in rapporto ad una certa superficie di piante. Con il sistema a bassa densità occorre prestare maggiore attenzione nell'uso del mangime. Una tecnica potrebbe essere quella di alimentare i pesci 2-3 volte al giorno, e quindi rimuovere tutti gli alimenti non consumati. La sovralimentazione comporta un accumulo di rifiuti nelle vasche e nei canali, che porta alla formazione di zone anaerobiche, condizioni di scarsa crescita, malattie dei pesci e stress delle piante. Sempre, ma soprattutto quando si utilizza questo metodo senza filtri, bisogna assicurarsi di controllare strettamente le condizioni di qualità dell'acqua e ridurre l'alimentazione se vengono rilevati alti livelli di ammoniaca o nitriti.

Vantaggi e svantaggi di bassa densità

Il vantaggio principale è quello di avere un sistema più semplice, più facile da costruire e più economico per cominciare un'attività, con investimenti di capitale più bassi. I pesci sono meno stressati perché sono cresciuti in condizioni di non affollamento. In generale, questa tecnica può essere molto utile per iniziare progetti con poco capitale. Questi sistemi possono essere molto utili per la coltivazione di pesci di alto valore, come i pesci ornamentali o colture speciali, come le erbe officinali, dove una produzione minore è compensata con un prezzo più alto.

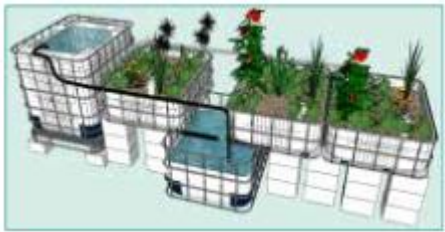
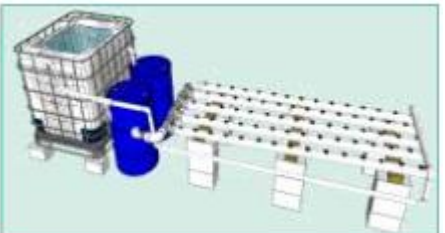
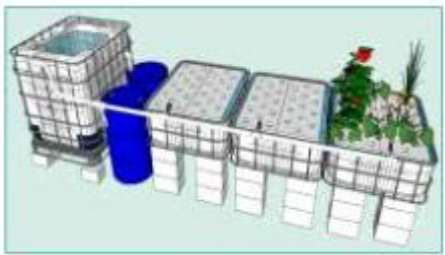
Tuttavia, un grave svantaggio è che queste unità sono difficili da replicare su una scala o intensità più alta. Per la produzione di grandi quantità di cibo, questi sistemi sarebbero proibitivi. In sostanza, solo una filtrazione meccanica e dei biofiltri esterni permettono all'acquaponica di realizzare coltivazioni molto intensive su una piccola area.

Inoltre, la produzione di pesce non può funzionare indipendentemente dalla componente idroponica; le piante devono essere presenti nei canali in ogni momento. Le radici delle piante forniscono la superficie per la crescita dei batteri e senza queste radici la biofiltrazione non sarebbe sufficiente per mantenere l'acqua pulita per i pesci. In caso risulti necessario raccogliere tutte le piante nello stesso momento, per esempio in caso di malattie, cambi di stagione o in caso di particolari eventi climatici, la ridotta biofiltrazione causerebbe un picco di ammoniaca con conseguente lo stress per il pesce.

4.6 Confronto fra diverse tecniche di acquaponica

La tabella 4.2 fornisce un riferimento rapido e una sintesi comparativa dei vari sistemi di coltura acquaponica sopra descritti.

Tab. 4.2 - Punti di forza e di debolezza delle principali tecniche di acquaponica

Tipo di sistema	Punti di forza	Punti di debolezza
Unità a Letti di crescita 	<ul style="list-style-type: none"> Schema semplice, ideale per i principianti Possono essere usati componenti di recupero o riciclati Sono coltivabili ortaggi da frutto di taglia elevata Possono essere coltivate tutti i tipi di piante Molteplici tecniche di irrigazione Si possono utilizzare molti tipi di media Alta aerazione quando si utilizzano sifoni campana Consumi relativamente bassi di energia elettrica Il substrato inerte cattura e mineralizza i solidi 	<ul style="list-style-type: none"> Molto pesante, a seconda del tipo di substrato scelto I substrati possono essere costosi I substrati possono non essere disponibili Ingombrante per grandi impianti Evaporazione superiore rispetto alle unità NFT e DWC La costruzione richiede molto lavoro I cicli di allagamento e scarico richiedono un attento calcolo del volume dell'acqua Il substrato può intasarsi negli impianti ad alta densità di allevamento Richiede maggiore lavoro per il trapianto e in caso di spostamento del substrato (lavaggio) Se il flusso dell'acqua non è uniforme, l'accrescimento delle piante può differire da un letto di crescita all'altro
Unità NFT 	<ul style="list-style-type: none"> Più conveniente rispetto ai letti di crescita per impianti su larga scala Ideale per le erbe e le verdure a foglia Minime perdite di acqua per evaporazione Sistema leggero, migliore per gli impianti sui tetti Operazioni di raccolta molto semplici La distanza fra i tubi può essere regolata in base alle esigenze delle diverse specie Ben adatta anche per applicazioni idroponiche commerciali Minori volumi di acqua richiesti Richiesta di lavoro minima per il trapianto e la raccolta 	<ul style="list-style-type: none"> Metodo di filtrazione più complesso Sono obbligatorie la pompa dell'acqua e la pompa dell'aria Non si può seminare direttamente Il volume di acqua ridotto aumenta i problemi della qualità dell'acqua Aumenta la variabilità della temperatura dell'acqua con il conseguente stress per il pesce I tubi di entrata dell'acqua possono facilmente intasarsi Vulnerabile alle interruzioni di energia elettrica
Unità DWC 	<ul style="list-style-type: none"> Più conveniente rispetto ai letti di crescita per impianti su larga scala Il grande volume d'acqua smorza i cambiamenti nella qualità dell'acqua Può sopportare brevi interruzioni dell'elettricità Minime perdite di acqua per evaporazione Ben studiata anche per applicazioni idroponiche commerciali Le zattere di polistirolo isolano l'acqua dalle perdite/accumuli di calore mantenendo costante la temperatura Le zattere mobili possono facilitare la semina e la raccolta Le zattere forniscono superficie al biofiltro I canali DWC possono essere costruiti con fodere di plastica appoggiate praticamente a qualsiasi tipo di struttura (legno, telai in acciaio, profili metallici) Può essere utilizzato in svariate condizioni di densità di allevamento 	<ul style="list-style-type: none"> Metodo di filtrazione più complesso Impianto molto pesante Requisiti elevati per l'ossigeno disciolto nelle vasche e necessità di una pompa per l'aria più sofisticata Le fodere di plastica devono essere di tipo alimentare I fogli di polistirolo si rompono facilmente Le piante alte sono più difficili da sostenere Il grande volume di acqua aumenta l'umidità dell'ambiente e il rischio di malattie fungine

4.7 Riassunto del capitolo

- I principali fattori da tenere in considerazione al momento di decidere dove collocare una unità sono: stabilità del terreno, accesso alla luce del sole/ombra, esposizione a vento e pioggia, disponibilità materiali riutilizzabili, disponibilità di una serra o tunnel.
- Ci sono tre tipi principali di sistemi acquaponici: il metodo che utilizza un substrato inerte, noto anche come letto di crescita o *growbed system*, il metodo che impiega un velo d'acqua ricco di nutrienti (NFT) e la coltivazione in acqua profonda (DWC), noto anche come metodo zattera o sistema flottante.
- Le componenti essenziali per tutti i sistemi acquaponici sono: le vasche di allevamento del pesce, il filtro fisico/meccanico e biologico e le pompe per l'acqua e l'aria.
- I letti di crescita (*growbed*) devono: (i) essere realizzati in robusto materiale inerte; (ii) avere una profondità di circa 30 cm; (iii) essere riempiti con un supporto contenente una elevata superficie specifica; (iv) fornire una adeguata filtrazione meccanica e biologica; (v) fornire zone separate per offrire la possibilità di sviluppo a organismi diversi; (vi) essere sufficientemente bagnate attraverso in sistema di flusso e riflusso o di altre tecniche di irrigazione per garantire una buona filtrazione.
- Per le unità NFT e DWC, sono necessari componenti meccanici e di biofiltrazione al fine di rimuovere i solidi sospesi e ossidare i rifiuti disciolti (ammoniaca a nitrati).
- Per le unità NFT, la portata per ogni tubo di coltivazione deve essere 1-2 litri/minuto per garantire una buona crescita delle piante.
- Per unità DWC ogni vasca deve avere un tempo di ritenzione di 2-4 ore e deve essere assicurata un'alta concentrazione di DO per garantire la salute dei batteri e delle piante.
- La vasca dei pesci deve essere ossigenata per mezzo pietre porose.
- I growbed con medium inerte tra la zona bagnata e quella secca devono avere una zona allagata ad intermittenza che si avvantaggia un'elevata disponibilità di ossigeno atmosferico.
- Nelle unità NFT, l'aerazione aggiuntiva è fornita nel biofiltro, mentre nei sistemi DWC le pietre di areazione devono essere posizionate sia nel biofiltro che nei canali di coltivazione.